Kosmos

für Schulen und Laien.

Kosmos

für Schulen und Laien.

Gemeinfaßlicher Abriß

der physischen Weltbeschreibung

nach

Alexander von Humboldts Gesichtspunkten

von

Dr. K. G. Reuschle,

Professor der Mathematik und Geographie zu Stuttgart.

Zweite unveränderte Auflage.

Erster Theil.

Der Himmel.

Stuttgart.

Hallberger'sche Verlagshandlung.

1850.

Inhalt.

Erstes Buch.

Orientirung der Erde im Weltall und ihre kosmischen Naturverhältnisse.

Zweites Buch.

Naturgeschichte des Himmels.

Erster Theil.

Der Himmel.

Erstes und zweites Buch des Kosmos.

Erstes Buch.

Orientirung der Erde im Weltall und ihre kosmischen Naturverhältnisse.

I. **Die Erde ein frei im Raum schwebender Weltkörper unter Weltkörpern.** — Das Firmament und die Kugelgestalt der Erde. — Größe der Erde und Entfernungen der Gestirne. — Die irdische Schwere und die Ballung der Materie.

II. **Die Erde in freier Axendrehung um ihren Schwerpunkt begriffen.** — Der tägliche Kreislauf und die Axendrehung der Erde. — Geographische Lage der Erdorte und Verschiedenheit des gestirnten Himmels nach derselben. — Die irdische Schwungkraft und die Abplattung der Erde; Verschiedenheit der Schwere auf der Erdfläche; Zunahme der Dichte nach der Erdmitte. — Erhaltung der freien Drehaxe im Erdkörper, ihr Parallelismus im Raum und die Gleichförmigkeit der Axendrehung; Ursachen und Bedingungen dieser Bewegung überhaupt.

III. **Die Erde in fortschreitender Bewegung als Planet des Sonnensystems.** — Der jährliche Kreislauf und der Umlauf der Erde um die Sonne. — Das Kopernikanische Weltsystem und die Entfernungen der Fixsterne. — Jahreszeiten und Erdzonen. — Ungleichförmigkeit der jährlichen Bewegung, Sternzeit, mittlere Zeit. — Die elliptische Bewegung (Keplers Gesetze) und die Elemente der Erdbahn. — Die anziehende Kraft der Sonne und der ursprüngliche Seitenanstoß; das Spiel der Centralbewegung. — Die Gravitation des Mondes gegen die Erde und die allgemeine Massenanziehung (Neutons Himmelsmechanik).

IV. **Die Erde unter dem Einfluß der allgemeinen Gravitation in ihren Bewegungen gestört und Glied höherer Systeme.** — Massenverhältnisse der Weltkörper und mittlere Dichte der Erde. — Schwankungen der Schiefe der Ekliptik und der Excentricität der Erdbahn innerhalb gewisser Gränzen; die Aeußersten der Schiefe. — Umläufe der Drehaxe und der Apsidenlinie der Erde; Sternjahr und tropisches Jahr. — Unveränderlichkeit des Sternjahrs, des Sterntags und der geographischen Breiten. — Ebbe und Fluth des Meeres und der Atmosphäre; Unabhängigkeit des Wetters vom Mond. — Gravitation der Sterne und fortschreitende Bewegung der Erde mit dem ganzen Sonnensystem; Systeme höherer Ordnungen, Sternsystem unserer Sonne.

I.

Die Erde ein frei im Raum schwebender Weltkörper unter Weltkörpern.

Wo immer auf der Erde ein Beobachter sich an einem ganz freien Platz befinden mag, sei es eine weitgedehnte Fläche, sei es eine die ganze Umgebung beherrschende Anhöhe, so übersieht er ein Stück der Erdfläche mit kreisförmiger Begränzung (Horizont) und wenn er in den Raum über sich hinausblickt, so sieht er sich von einem Gewölbe (dem sogenannten Himmel oder Firmament) umgeben, welches in dem irdischen Gesichtskreis zu ruhen scheint, und woran sich Sonne, Mond und Sterne zu befinden und zu bewegen scheinen. Von dieser Grunderscheinung gehen wir aus, um uns in diesem ersten Buch schrittweise zu der Weltanschauung der allgemeinen Schwere zu erheben. Wem ist es aber heutzutage noch unbekannt, daß jenes Firmament, d. h. das „feste" Himmelsgewölbe, an dessen Wirklichkeit wohl ehedem selbst die Wissenschaft glaubte, ein bloßer Schein ist, ein optisches Erzeugniß des Auges? Der unendliche Weltraum, in dessen Nacht das Auge hinausblickt, erscheint demselben nothwendig kugelförmig begränzt, weil der Blick in allen möglichen Richtungen gleich weit reicht; oder sollte, wie Andere meinen, die innere Wölbung des Auges dabei im Spiel sein, so daß das Firmament das Gegenbild von der Wölbung der Netzhaut wäre? Das Firmament ist die Sehsphäre des Auges, an diese versetzt es alle Gegenstände des Weltraums, über deren verschiedene Entfernungen es schlechterdings kein Urtheil hat, es entwirft sich davon gleichsam ein perspektivisches Bild, ein Panorama des Weltalls, oder vielmehr dessen, was es vom Weltall gewahr

wird, wie der Maler das Bild einer Gegend auf einer Tafel. Welcher Abstand von diesem Rundbild zu der Einsicht in die wirklichen Verhältnisse des Weltraumes, welche im zweiten Buch die Naturgeschichte des Himmels erörtern wird, zu denen die Wissenschaft, unterstützt von den künstlichen Sehmitteln, durch nichts als Schlüsse gelangt ist!

Von Alters her hat man die Sterne, so wie sie in jenem Rundbild neben einander zu stehen scheinen, in Gruppen vereinigt, indem man die hellsten zu Grunde legte, und die Phantasie war geschäftig, den bei dieser Gruppirung entstehenden Figuren Namen zu schaffen. Daß diese Sternbilder keinen wirklichen physischen Verband anzeigen, braucht kaum bemerkt zu werden; wohl aber darf man vielleicht darauf aufmerksam machen, was es heiße, in diesem oder jenem Sternbild sei eine Erscheinung wahrgenommen worden. Man denke sich vom Auge aus durch die Sterne, welche z. B. den Umriß des Orion bilden, Linien in's Endlose gezogen, so sondern dieselben einen unbegränzten Raumausschnitt ab: innerhalb dieses Raumausschnitts befindet oder befand sich der Nebelfleck, der Komet, die Sternschnuppe, die man im „Orion, in seinem Fuß, Arm oder Hals" gesehen hat. Was man also innerhalb eines solchen Raumes am Himmel erblickt, kann in den verschiedensten Entfernungen vom Beobachter sich befinden. Der Gebrauch der Sternbilder zur Zurechtfindung am Himmel setzt aber die Unveränderlichkeit ihrer Umrisse voraus, und in der That behalten die Sterne stets dieselbe Stellung gegen einander, so daß die Sternbilder ihre Gestalt seit den ältesten Beobachtungen nicht merklich verändert haben; daher der Name Fixsterne im Gegensatz zu den wenigen Wandelsternen, welche nach Art von Sonne und Mond ihre Stellung unter jenen fortwährend ändern. Wir wissen jetzt, daß Nichts im Weltraum in vollkommener Ruhe ist, weßhalb man heutzutage die „Fixsterne" schlechtweg Sterne zu nennen pflegt, wir wissen aber auch, daß diese Ortsveränderungen der Sterne nur den schärfsten astronomischen Messungen zugänglich sind, und daß trotz derselben der bloße Anblick der Sternbilder auf Jahrtausende sich merklich gleichbleiben muß. Doch damit greifen wir

bereits späteren Betrachtungen vor; kehren wir zu unserer Grunderscheinung zurück.

Mit der gewonnenen Einsicht vom Himmel ist auch die nothwendig gegeben, daß die Erde ein allerseits begränzter, frei im Weltraum schwebender Körper ist, ohne alle feste Grundlage und Unterstützung, weder von Riesen noch von Elephanten getragen, weder durch Säulen noch durch Axen gehalten. Diese Einsicht, welche schon das Alterthum hatte, ist durch die Reisen an alle Theile der Erdfläche, zumal durch die sogenannten Reisen um die Welt, zur vollendeten Thatsache geworden; man ist bei letzteren eben dahin gekommen, wo das ununterrichtete Bewußtsein die feste Grundlage, die in's Unergründliche nach unten reichende Unterstützung der Erde (die Unterwelt) sich hindenkt, man hat hier überall dieselbe Grunderscheinung (unter sich die Erdfläche, über sich den Himmel) wahrgenommen und ist, in derselben Richtung fortgehend, an den Ausgangspunkt zurückgekehrt. Der andere Bestandtheil unserer Grunderscheinung reicht aber überdieß hin, uns über die ungefähre Gestalt der Erde zu belehren. Die Begränzung unserer irdischen Aussicht rührt nämlich nicht etwa von der Gränze des Sehens, vielmehr von der Wölbung der Erde her, indem durch allmälige Ersteigung größerer Höhen die Aussicht sich allmälig erweitert, dieselbe Erscheinung, wie die, daß Gegenstände bei ihrer allmäligen Annäherung auch allmälig sichtbar werden und bei ihrer allmäligen Entfernung allmälig verschwinden. Daß aber die Krümmung wenigstens nahezu kugelförmig sein muß, geht aus der Gestalt des Horizonts hervor, welcher überall auf der Erde kreisförmig ist; denn ein Körper, welcher überall kreisförmig begränzt erscheint, muß nahezu kugelförmig sein. Ja selbst zu einer ungefähren Kenntniß von der Größe der Erdkugel kann uns die Aussichterscheinung verhelfen, vermittelst einer leicht beweisbaren geometrischen Regel, daß die Höhe des Standpunktes sich zur Weite der Aussicht verhält, wie diese zum Durchmesser der Erde, und man kann sich dadurch überzeugen, daß der Halbmesser der kugelförmigen Erde die Meereshöhe der höchsten Berge wohl achthalbhundertmal übertreffen muß. Hiedurch erledigt sich dann auch

der Einwurf gegen die Kugelgestalt der Erde, den man von den mannigfaltigen Unebenheiten des Landes hernehmen könnte, sofern diese in der That für die Gestalt des Ganzen nicht störender sind, als die kleinen Vertiefungen in der Oberfläche einer Pomeranze. Von den Ergebnissen der genaueren Messungen der Erde aber kann erst im nächsten Abschnitt die Rede sein.

Da man hiernach den Standpunkt auf der Erde um deren Durchmesser oder um 1720 Meilen verändern kann, so fragt es sich, ob eine solche Verlegung des Beobachtungsorts eine veränderte Ansicht der Gestirne zur Folge haben wird, sofern man dadurch dem einen oder andern bis zu 1720 Meilen näher kommen könnte? Aber die Antwort ist Nein; der bloße Anblick merkt selbst beim Mond keine Veränderung, doch ist einer rohen Messung schon die veränderte Stellung des Mondes, nur einer sehr genauen die der Sonne zugänglich; an den Sternen aber nimmt auch die schärfste Messung keine Veränderung wahr, keine Parallaxe, wie man überhaupt die Ortsveränderung eines Gegenstandes nennt, welche eine Folge von einer Veränderung des Standpunktes ist. Den Entfernungen der Fixsterne gegenüber hat schon Ptolemäus die Erde als bloßen Punkt erkannt; wenn man von zwei gegenfüßlerisch liegenden Erdorten Linien nach dem nächsten Fixstern sich gezogen denkt, so schließen dieselben einen so außerordentlich kleinen Winkel ein, daß auch mit Werkzeugen, viele tausendmal schärfer als die jetzt gebräuchlichen, seine Messung unmöglich wäre. Ueberhaupt aber zeigt diese Erfahrung über die Aenderung des Standpunktes, daß die Abmessungen der Erde gegen die Entfernungen der Gestirne wiederum sehr klein sind, die des Mondes beträgt doch 60, die der Sonne aber 24000 Erdhalbmesser (in runden Zahlen) was man eben aus der Veränderung ihrer Stellung schließen konnte, die einer Veränderung des Standpunktes auf der Erdfläche entsprach. Nehmen wir dazu noch die Erfahrungen durch's Fernrohr. Wo das bloße Auge nur Einen Stern sieht, zeigt das Fernrohr oft zwei und mehrere; der Schimmer der Milchstraße löst sich schon in einem schwächeren Fernrohr in eine Menge von Sternen auf; wo dieses wiederum einen matten

nebelartigen Schimmer zeigt, entwickelt ein stärkeres Werkzeug Haufen von Sternen. Was folgt aber hieraus? daß diese dichtgeschaarten Fernrohrsterne wiederum sehr vielmal weiter entfernt sein müssen, als die vereinzelt stehenden Sterne, welche dem bloßen Auge zugänglich sind, so wie diese unvergleichlich weiter entfernt sein müssen, als Sonne, Mond und die übrigen Wandelsterne (Planeten), bei denen die Veränderung des Beobachtungsorts auf ihre wirklichen Entfernungen hat schließen lassen. Kurz wir gelangen zu der Einsicht, daß die Gestirne, die das Auge neben einander an das Firmament, als an seine Sehsphäre, versetzt, in der That in den verschiedensten Entfernungen von der Erde sich befinden, und größtentheils in so mächtigen Abständen, gegen welche die Erde zum Punkt zusammenschrumpft.

Diese Einsicht zieht aber noch eine andere nach sich, nämlich, daß alle Gestirne, die uns in so großen Entfernungen sichtbar sind, Weltkörper sein müssen, an Größe der Erde vergleichbar oder gar sehr vielmal größer, an Gestalt ihr ähnlich; daß also die Erde ein Gestirn unter Gestirnen, ein Weltkörper unter Weltkörpern ist. Ja bei denjenigen, welche wir unter dem Namen Wandelgestirne zusammenfassen, auf deren Entfernungen wir aus ihren irdischen Parallaxen schließen können, kann man sofort auch ihre Größe ermitteln. Sie zeigen alle, Sonne und Mond dem bloßen Auge, die Planeten wenigstens im Fernrohr, größere odere kleinere so ziemlich kreisförmige Scheiben. Aus diesen schließen wir zunächst, daß auch ihnen, wie der Erde, eine kugelähnliche Gestalt zukommen muß, indem diese einem Körper zuzuschreiben ist, welcher stets als kreisförmige Scheibe sich zeigt, und nur zu weit entfernt ist, als daß man seine Wölbung wahrnehmen könnte. Wir erschließen ferner ganz unmittelbar die wirklichen Durchmesser dieser Scheiben oder Kugeln aus der Größe des Sehwinkels, unter welchem dieselben in den betreffenden Entfernungen uns erscheinen; wir finden so beim Mond, daß sein Körper fünfzigmal kleiner, bei der Sonne aber, daß ihr Rauminhalt fast anderthalbmillionenmal größer sein muß, als der Erdball, welcher selbst 2500 Millionen

Kubikmeilen mißt. Die Sterne allerdings erscheinen auch im stärksten Fernrohr nur als leuchtende Punkte, allein wenn wir ihre ungeheuere Entfernung bedenken, so wird uns nicht nur wahrscheinlich, daß auch sie große Weltkörper sind, sondern auch daß sie mit eigenem Licht leuchten, wie die Sonne. Daß dagegen der Mond wie die Erde sein Licht von der Sonne empfängt, weiß Jedermann aus den Lichtgestalten des Mondes; dasselbe weist das Fernrohr von den Planeten nach, wer hat nicht schon die schöne Sichel des Abendsterns durch ein Fernrohr gesehen? und auch ohne Fernrohr kann Jedermann sich über den Unterschied des flimmernden Fixsternlichts von dem ruhigen Glanz der Planeten überzeugen. Und so ziehen wir aus dieser Betrachtung auch noch die Einsicht, daß es eine Anzahl erdähnlicher, an sich dunkler Weltkörper gibt, welche ebenfalls von der Sonne beleuchtet werden, und welche eben die uns nächsten Gestirne sind, diesen gegenüber aber eine Unzahl sonnenhaft selbstleuchtender Weltkörper, deren Entfernung von uns die der Sonne unverhältnißmäßig vielmal übertreffen muß.

Weitere Aufschlüsse wird uns die Bewegung der Erde geben. Daß sie aber sehr wahrscheinlich in Bewegung ist, das ist für den ein naheliegender Gedanke, der nunmehr die Erde als einen frei im Raum schwebenden Körper kennt. Wenn er ferner an materielle Grundlagen und Unterstützungen zu denken sich abgewöhnt hat, so wird sich ihm die Frage nach einer dynamischen Unterstützung darbieten, die Frage nach Kräften, welche den freischwebenden Körper in einer bestimmten Stellung erhalten, namentlich in derjenigen zu der Licht und Wärme spendenden Sonne. Darüber werden uns eben die Bewegungen der Erde aufklären. Unsere Einsicht in die Weltkörpernatur der Erde wäre aber nicht vollendet, wenn wir uns nicht die Frage vorhielten, die man der Lehre von Kugelgestalt und Antipoden entgegenhielt, lange vor der ersten Weltumseglung, welche die Schwierigkeiten thatsächlich gehoben hat. Die Antipoden müssen ja fallen, von der Erde wegfallen? fragte man in schlichter Einfalt: was hält überhaupt Alles an der Erde fest, das nicht Eine feste Masse mit ihr ausmacht? fragen wir, um die irdische

Schwerkraft zu besprechen, durch die allererst die Erde ein Ganzes ist. Die Schwere, vermöge der die Körper Gewicht haben, fallen und pendeln, vermöge der die Flüssigkeiten wagrecht sich lagern und fließend die tiefsten Stellen suchen, vermöge der die Luft den Druck ausübt, durch den Pumpen spielen und den des Barometer mißt: die Schwere ist es, welche Wasser und Luft, Felsen und Thiere, Häuser und Menschen an die Erde fesselt und alle irdischen Gegenstände zu einem Ganzen verbindet. Die Richtung, in der die Körper fallen und hängen, geht überall nach der Erdmitte, und dieser Punkt ist das gemeinschaftliche „Unten“ für uns so gut wie für unsere Gegenfüßler.

Wir sind daher genöthigt, der Erde eine anziehende Kraft zuzuschreiben, welche sie auf alle Körper ohne Unterschied des Stoffs ausübt, (also eine Anziehung von ganz anderer Art als die magnetische), und welche gerade so wirkt, wie wenn sie in der Erdmitte ihren Sitz hätte, indem sie alle Körper dorthin zu ziehen strebt. Allein wir müssen uns die Sache vielmehr so denken, daß die anziehende Kraft dem ganzen Erdkörper zukommt; alle einzelnen materiellen Punkte der Erde ziehen z. B. diesen Stein an, der eben fällt, die Gesammtwirkung aus allen diesen einzelnen Anziehungen geht aber nach dem Mittelpunkt der Erde, weil um diesen her die einzelnen Massentheilchen gleichmäßig, wenigstens nahezu gleichmäßig angeordnet sind, gemäß der Gestalt der Erde. Und in der That hat man einen schlagenden Beweis für diese Ansicht von der Natur der Schwere in der kleinen Ablenkung von der senkrechten Richtung, welche man schon an Hänglothen in der nächsten Nähe vereinzelt stehender Berge beobachtet hat. Auch dieser Berg nämlich zog das Hängloth an, und seine Anziehungskraft, so gering sie ist gegen diejenige der übrigen Erdkugel, konnte mit dieser in sehr großer Nähe des angezogenen Gegenstandes einigermaßen in die Schranken treten. Daß nämlich kleinere oder größere Entfernung auch bei dieser, wie bei jeder Anziehung, von wesentlichem Belang ist, daß also die Schwerkraft z. B. auf hohen Bergen etwas kleiner ist, als am Gestade des Meeres, wird Jedermann natürlich finden; mancher Leser wird sich schon durch die mag-

netische Anziehung hievon überzeugt haben. Es ist auch nicht schwer, den Grund davon einzusehen; die anziehende Kraft breitet sich in der größeren Entfernung über einen größeren Flächenraum aus, und ist daher an jedem einzelnen Punkt dieser Kugelfläche um so schwächer, und zwar z. B. viermal schwächer in der zweifachen, neunmal schwächer in der dreifachen Entfernung, weil die Kugelfläche mit doppeltem Halbmesser viermal, mit dreifachem Halbmesser neunmal größer ist. Ueberhaupt wird sich hiernach die Größe einer anziehenden Kraft umgekehrt verhalten, wie die Quadratzahl der Entfernung des angezogenen vom anziehenden Körper. Wir können übrigens erst im letzten Abschnitt dieses Buches erschöpfende Einsicht in das Wesen der Schwerkraft gewinnen, und werden dann in ihr eine eigentliche Grundkraft des Weltalls erblicken.

Betrachten wir hier noch die Wirkungen der Schwere, die wir an der Erdfläche im Fall und Wurf, im Gewicht und Schwerpunkt, in den Pendelschwingungen beobachten, weil dieselben viel Licht über spätere Gegenstände unserer Betrachtung verbreiten werden.

Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers nimmt fortwährend zu, weil die Schwere unausgesetzt auf ihn wirkt, ihm gleichsam von Augenblick zu Augenblick neue Antriebe gibt, und zwar nimmt sie gleichmäßig zu, weil die Schwerkraft in so kleinen Abständen von der Erdfläche merklich sich gleichbleibt, so daß in der doppelten, dreifachen Zeit eine doppelte, dreifache Geschwindigkeit erreicht wird. In einem bestimmten Zeitraum wird aber eine so große Geschwindigkeit erreicht, daß wenn nach Verfluß desselben die Schwere aufhören würde, den Körper weiter zu beschleunigen, dieser in jedem folgenden Zeitraum einen Weg zurücklegen würde, doppelt so groß, als der im ersten Zeitraum zurückgelegte Weg; so legt ein fallender Körper in der ersten Sekunde rund 15 Pariser Fuß zurück, seine Geschwindigkeit ist also in derselben auf 30 Pariser Fuß für die Sekunde angewachsen, d. h. diesen Weg würde er in jeder folgenden Sekunde zurücklegen, wenn am Ende der ersten die Schwere beseitigt würde. Eben daher verhalten sich die in verschiedenen Zeiten

zurückgelegten Wege wie die Quadratzahlen der Zeiten, d. h. z. B. ein Körper durchfällt in 6 Sekunden 36mal 15 Fuß, in 10 Sekunden 100mal 15 Fuß. Wenn aber ein Körper in irgend einer andern Richtung als derjenigen der Schwere geworfen wird, so beschreibt er eine krummlinige Bahn; er würde nämlich geradlinig in der Richtung des Wurfs fortschreiten, wenn er nicht in jedem Augenblick durch die Schwere von der geradlinigen Richtung abgezogen würde. So krümmt sich die Wurfbahn gegen die Erdmitte und besteht (bei schiefem Wurf) aus einem aufsteigenden und einem ebenmäßigen absteigenden Bogen. Könnte aber die Weite des Wurfs so gesteigert werden, daß der Körper über die Erde hinausgeriethe, so würde er, in Fortsetzung seiner Bewegung nicht mehr gehindert durch das Zusammentreffen mit der Erde, gleichwohl aber stets von ihr nach dem Mittelpunkte angezogen, in geschlossener Krummbahn die Erde umkreisen (wie der Mond).

Die Schwerkraft ergreift einen Körper nicht bloß an seiner Oberfläche, wie ein äußerer Anstoß, sie wirkt vielmehr auf jedes kleinste Theilchen (Atom); daher dient der Druck eines Körpers nach unten, d. h. sein Gewicht zum Maß seiner Masse oder der Menge des in ihm vorhandenen Stoffs; daher mißt das specifische Gewicht eines Körpers seine Dichte oder den Grad, in welchem die in ihm vorhandene Materie den Raum erfüllt; daher beschleunigt die Schwere alle Körper auf gleiche Weise ohne Unterschied ihrer Masse oder ihres Gewichts, weßhalb sie im luftleeren Raum gleich schnell fallen, während sonst der Widerstand der Luft z. B. beim Fall einer Flaumfeder verzögernd einwirkt. Dabei gibt es aber in jedem Körper einen Punkt von der Art, daß der Körper im Gleichgewicht ist, wenn jener Punkt unterstützt ist, und dieß ist der Fall, wenn die Linie von der Erdmitte nach jenem Punkt, dem Schwerpunkt des Körpers, durch die Unterstützung geht, wobei aber diese Gleichgewichtslage hinfällig oder dauerhaft sein kann. Der Schwerpunkt ist zugleich Mittelpunkt der Masse, d. h. die Masse des Körpers ist um ihn gleichmäßig vertheilt, er fällt bei regelmäßiger Gestalt und Dichte mit dem Mittelpunkt der Figur

zusammen; bei der Erde z. B. muß er wenigstens nahezu mit der Erdmitte zusammenfallen und eben deßhalb ist letzterer Punkt zugleich der Mittelpunkt der Anziehung.

Ein Körper, welcher sich um eine feste wagrechte Axe drehen kann, ist in jeder Lage im Gleichgewicht, wenn jene Axe durch seinen Schwerpunkt geht; findet letzteres nicht Statt, so tritt ein, und zwar ein dauerhaftes Gleichgewicht ein, wenn die Linie von der Erdmitte nach seinem Schwerpunkt durch die feste Axe geht, und wenn diese außerdem über dem Schwerpunkt sich befindet. Wird ein solches Pendel aus seiner Gleichgewichtslage gebracht, so strebt es nach derselben zurück und macht Schwingungen um die erstrebte Lage her, welche so lange fortdauern, bis Widerstand der Luft und Reibung an der Axe dieselben vernichten, so daß es in der lothrechten Lage stehen bleibt. So lange die Weite dieser Schwingungen nicht zu groß ist, so dauern, dieselben gleich lang, die Weite mag etwas größer oder kleiner sein, z. B. 7 Grad oder 3 Grad betragen; wer kennt nicht die sinnreiche Anwendung des Pendels zur Zeitmessung, welche auf dieser Gleichzeitigkeit kleiner Schwingungen beruht? Die Dauer einer Schwingung nimmt zu mit der Länge des Pendels, diese ist im einfachsten Fall, wo etwa ein Metallkügelchen an einem feinen Faden hängt, eben die Länge dieses Fadens, bei einem zusammengesetzteren Pendel aber die Entfernung des Schwingungspunkts von der Axe, eines Punkts, den man durch Vergleichung mit einem einfachen Pendel ermitteln kann. Soll die Schwingungsdauer eines einfachen Pendels gerade eine Sekunde betragen, so muß es etwas über drei Pariser Fuß lang sein; ein viermal längeres Pendel vollendet alsdann eine Schwingung in zwei, ein viermal kürzeres in einer halben Sekunde; es verhalten sich überhaupt die Quadratzahlen der Schwingungszeiten wie die Pendellängen. Das einfache Pendel ist eines der schönsten physikalischen Instrumente; durch das Pendel hat man sich z. B. thatsächlich überzeugt, daß die Schwere mit der Erhebung über die Erdfläche abnimmt, indem ein und dasselbe Pendel auf dem hohen Andenberg Pichincha langsamer schwang als in der Stadt Quito, und hier lang-

samer als an der Küste; denn je stärker die beschleunigende Kraft der Schwere, desto schneller müssen natürlich die Pendelschwingungen unter sonst gleichen Umständen erfolgen.

Zu einer allernächsten Anwendung endlich ist auch das Verhalten einer flüssigen Masse unter dem Einfluß der Schwere zu erwähnen. Eine zusammenhängende flüssige Masse ist im Gleichgewicht, wenn ihre Oberfläche wagrecht, d. h. wenn die Richtung der Schwere in allen Punkten senkrecht zum Spiegel der Flüssigkeit ist, und dieß ist wiederum damit einerlei, daß alle Punkte des Spiegels gleichweit vom Mittelpunkt der Erde abstehen, weil die Schwere überall nach diesem gerichtet ist; wagrecht ist also so viel als kugelförmig um die Erdfläche, ein kleines Stück der ungeheuern Kugelfläche aber erscheint uns als vollkommen eben. Flüssigkeiten von verschiedener Dichte (specifischem Gewicht) lagern sich in Kugelschichten übereinander, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt derjenige der Erde ist, so daß die dichteste der Erdmitte zunächst liegt; können sich diese Flüssigkeiten zu einer gleichartigen mischen, so ist dieses Gleichgewicht ein hinfälliges, dauerhaft dagegen im andern Fall (z. B. Quecksilber, Wasser, Oel). Befindet sich eine gleichartige d. h. gleichdichte Flüssigkeit in mehreren Becken (Gefäßen), die durch Seitenkanäle (Röhren) mit einander in Verbindung stehen, so gilt von den verschiedenen Spiegeln dasselbe, daß alle gleichweit von der Erdmitte abstehen oder gleich hoch stehen müssen, wenn Gleichgewicht vorhanden sein soll. Ist aber in den verschiedenen Becken die Dichte verschieden, so stellen sich die Spiegel derselben ungleich hoch, nämlich im umgekehrten Verhältniß der Dichten, Quecksilber z. B. 13- bis 14mal niedriger als Wasser, Eiswasser etwas niedriger als Siedwasser, da die Wärme die Dichte aller Körper vermindert.

Wir haben nun in der Schwere die Kraft kennen gelernt, welche die Erde zu einem Ganzen verbindet, und als solches erhält, so daß „sie kein Stäubchen ihrer Sphäre entreißen läßt.“ Wir haben aber auch in den Gestirnen andere, ähnlichgestaltete Weltkörper kennen gelernt, ebenfalls frei schwebend im unendlichen Raum. Wie können wir anders als jeden Weltkörper

uns ebenfalls als Sitz einer anziehenden Kraft zu denken, welche auf jedem nach dem Mittelpunkt desselben gerichtet ist und alle Körper an seiner Oberfläche festhält? Diese Vorstellung hatte schon Kopernikus, noch lange ehe man in der „allgemeinen" Schwere auch das Band der Weltkörper unter einander erkannte, welche Einsicht das Ziel dieses ersten Buches ist. Aber noch mehr, sollte die Schwere, wie sie die Weltkörper als solche erhält, nicht auch zu ihrer Gestaltung gewirkt haben? Die kugelähnliche Gestalt, die wir allen Weltkörpern, wie der Erde, zuzuschreiben genöthigt waren, die „Ballung der Materie" erscheint als eine Art von Weltgesetz, das auf eine gemeinschaftliche Ursache schließen läßt. In der That, wie eine flüssige Masse an der Erdfläche stets mit kugelförmiger Oberfläche um die Erdmitte sich lagert: so mußte die ganze Erdmasse zur Kugelgestalt streben, wenn sie ursprünglich in flüssigem Zustand sich befand, der gegenseitigen Anziehung der Theilchen überlassen. Die fortgesetzten Bewegungen in dieser flüssigen Masse konnten erst zur Ruhe gelangen, nachdem sich eine Folge von Kugelschichten nach Maßgabe der Dichten um den Schwerpunkt des Ganzen hergelagert hatte. Eben daher rührt die Ballung der Flüssigkeiten im Kleinern, die Tropfenbildung, die wir beständig wahrnehmen, wo übrigens die gegenseitige Anziehung der Flüssigkeitstheilchen so vielen störenden Einflüssen, vor Allem der Erdschwere selbst, ausgesetzt ist.

Damit hätten wir den ersten Schritt zur Zurechtfindung der Erde im Weltall gethan, der uns zuletzt bis an die Pforten der Geologie geführt hat. Blicken wir bei diesem ersten Schritt zurück auf die Verkettung der Gedanken. Das Nachdenken über die alltäglichste aller Erscheinungen, Horizont und Firmament, nöthigte uns dieses als Schein, die Erde als frei im Raum schwebender Körper zu fassen; der irdische Gesichtskreis belehrte uns über Gestalt und Größe der Erde in einer ersten Näherung, und hieran knüpfte sich die erste Ahnung von den großen und verschiedenen Entfernungen der Gestirne, so wie von der Weltkörpernatur derselben in den verschiedensten Größenverhältnissen, aber mit gleichmäßiger Gestalt; die Vorstellung

frei schwebender Körper im Raum erweckte den Gedanken anziehender und zusammenhaltender Kräfte, die in den alltäglichen Wirkungen der irdischen Schwerkraft uns nahe genug lagen und uns zuletzt dahin führten, bereits das kosmische Ballungsgesetz der Materie auszusprechen. Wir vollenden die Orientirung der Erde in den drei folgenden Abschnitten, welche eben so viele weitere Schritte hiezu enthalten, und zugleich den Theil der Physik der Erde enthalten, welcher mit der Physik des Himmels verwachsen ist.

II.

Die Erde in freier Axendrehung um ihren Schwerpunkt begriffen.

Die zweite Grunderscheinung, durch welche wir uns weiter über die kosmischen Beziehungen der Erde unterrichten wollen, ist der tägliche Kreislauf der himmlischen Erscheinungen, gleich auffallend durch die Raschheit wie durch die Allgemeinheit der Veränderungen, welche er dem unmittelbaren Anblick vorführt, indem alle Gestirne daran Theil nehmen, indem durch die Theilnahme der Sonne der Wechsel von Tag und Nacht hervorgebracht wird, indem der Anblick des Himmels während einer einzigen Nacht gänzlich sich ändert durch das Heranrücken neuer Sterngruppen an die Räume, welche wenige Stunden zuvor andere eingenommen hatten. Bei diesem allgemeinen Fortrücken von Osten nach Westen behalten alle Fixsterne stets ihre gegenseitigen Stellungen, alle scheinen vollkommene Kreise vollkommen gleichförmig zu beschreiben, Kreise, welche sich nicht schneiden, sondern einander parallel sind. Die Mehrzahl geht wie die Sonne in der Osthälfte des Horizonts auf, steigt schief zu einer höchsten Höhe über dem Horizont an, sinkt sofort eben so und geht in der Westhälfte unter, um Tags darauf in demselben Punkt des Osthorizonts sich wieder zu erheben. Ein Theil der Sterne bleibt bei diesem Kreislauf beständig über dem Horizont, es sind die Nordsterne, ein ähnlicher Theil, die Südsterne, erhebt sich nie über denselben. Jene stets sichtbaren Nordsterne beschreiben ihre vollständigen Kreise am sichtbaren Theil des Himmels, diese werden kleiner und kleiner, die Bewegung also um so langsamer, je näher sie sich dem sogenannten Polarstern be-

finden, an dem das bloße Auge fast gar keine Bewegung wahrnimmt. Kurz, die allgemeine Bewegung der Sterne geht so vor sich, wie wenn alle Sterne am Himmelsgewölbe fest ständen, dieses aber in einer gleichförmigen Axendrehung begriffen wäre, welche fast 24 Stunden nach unserer bürgerlichen Zeitrechnung dauert und deren Axe nahezu durch den Polarstern und durch das Auge des Beobachters, oder, was wegen der ungeheuren Entfernung der Sterne dasselbe ist, durch den Mittelpunkt der Erde geht, deren Oberfläche sie dann in den beiden Polen schneidet.

Mit dieser Einsicht in das Wesen der Erscheinung ist auch die Ursache mehr als angedeutet. Die Axendrehung des Himmels ist ein bloßer Schein, wie der Himmel selbst, das Spiegelbild von der Axendrehung der Erde, welche in jenem Zeitraum und um jene Axe vor sich geht, aber in der entgegengesetzten Richtung von Westen nach Osten. In der That, indem sich der Beobachter mit der ganzen Erde von Westen nach Osten dreht, senkt sich sein Horizont unter einen Stern, d. h. der Stern geht auf, erhebt sich sein Horizont über einen Stern, d. h. der Stern geht unter u. s. w. Es liegt auf der Hand, wie alle Erscheinungen des täglichen Kreislaufs hieraus sich erklären. Wer steht heutzutage noch an, zu entscheiden, welche von beiden Bewegungen die wirkliche sei? Auf der einen Seite die hohe Wahrscheinlichkeit, daß die Erde als ein frei im Raum schwebender Körper in Bewegung ist, zunächst einer fortschreitenden, mit der aber auch eine drehende so gut verbunden sein kann, wie in unzähligen anderen Fällen; die Nothwendigkeit, daß wir diese Bewegung nicht unmittelbar, (weil wir das Ganze nicht übersehen, das sich bewegt), sondern nur durch die Veränderung der Umgebung wahrnehmen können, welche an der Bewegung nicht Theil nimmt. Auf der anderen Seite die gänzliche Unwahrscheinlichkeit, daß eine Unzahl von Weltkörpern, welche sich in den verschiedensten Entfernungen von uns und von einander befinden, zu einer gemeinschaftlichen Bewegung um die Erde verbunden sein sollten, einer Bewegung, bei der die abenteuerlichsten Geschwindigkeiten und Kräfte im Spiel sein müßten; was

sollte die Sterne hiezu verbinden, wenn nicht eben jenes feste Gewölbe, das uns bereits in Schein sich aufgelöst hat.

Es ist hier keineswegs der Ort, alle die Einwürfe anzuführen und zu widerlegen, welche damals auftauchten, als die Lehre von der Axendrehung der Erde zum Erstenmal aufgestellt wurde. An einen dieser Einwürfe aber knüpft sich zu Merkwürdiges an, als daß wir ihn übergehen dürften. Wenn die Erde, sagte man, von Westen nach Osten sich dreht, so muß ein Stein, den man von der Spitze eines Thurmes fallen läßt, westlich vom Fuße des Thurms den Boden erreichen, weil der Fuß des Thurms mit der Erde während des Falls ostwärts sich fortbewegt hat. Man hat dabei vergessen, daß auch der Stein, sowie die Hand die ihn fallen läßt, sowie Alles, was zur Erde gehört, auch Luft und Wolken, in der Axendrehung des Erdganzen mitbegriffen ist, wie denn auch ein Ball, der auf einem Schiffe senkrecht in die Höhe geworfen wird, auf das Schiff zurückfällt, weil auch er die fortschreitende Bewegung des Schiffes theilt. Das Merkwürdige hiebei ist aber dieß, daß dieser Einwurf gegen die Axendrehung weiterhin in einen Beweis für die Axendrehung umschlug. Da nämlich die Spitze des Thurms, so schloß man, einen größeren Kreis bei der Axendrehung in derselben Zeit beschreibt, als der Fuß, mithin eine größere Geschwindigkeit hat als dieser, so muß der von der Spitze fallende Stein, der dieselbe größere Geschwindigkeit hat, weit entfernt gegen den Fuß des Thurmes zurückbleiben, vielmehr demselben ostwärts voraneilen, und wenn auch um weniges östlich auffallen. Und in der That haben zahlreiche Fallversuche der Art, die an hohen Thürmen und tiefen Gruben angestellt wurden, diesen Schluß und damit die Axendrehung der Erde thatsächlich bestätigt. Benzenberg, welcher diese Versuche anstellte, hat den sinnreichen Gedanken gehabt, die Geschichte derselben in ein Leben des Kopernikus zu verweben, des Mannes, der zuerst die Bewegung der Erde mit Bestimmtheit gelehrt hat. Können wir es also auch nicht dahin bringen, die Erde unter uns sich wegdrehen zu sehen, so können wir ihre Drehung doch schon in fallenden Körpern wahrnehmen; wir werden übrigens noch mehr

Erscheinungen kennen lernen, bei welchen die Axendrehung der Erde im Spiel ist.

Durch die Axendrehung der Erde sind auf ihrer Oberfläche zwei Punkte, die Pole, sowie die durch beide gehenden Meridiankreise, und der diese in gleichen Abständen von den Polen rechtwinklig durchschneidende Aequator mit seinen Parallelkreisen festgesetzt, und damit ist das Gradnetz gegeben, wornach man die Lage der Orte auf der Erde angiebt, die geographische Breite und Länge. Die Axendrehung der Erde liefert selbst auch die Mittel, die Breite und Länge eines Orts zu ermitteln. Da der Scheitelpunkt eines Erdorts 90 Grad vom Horizont, der Pol 90 Grad vom Aequator absteht, so muß der Pol vom Horizont um ebensoviel Grade abstehen, als der Scheitelpunkt vom Himmelsäquator, d. h. als der Erdort selbst vom Erdäquator; mit andern Worten, die Höhe des Pols über dem Horizont eines Orts, dessen Polhöhe ist der geographischen Breite des Orts gleich. Da nun der Polarstern nahezu senkrecht über dem Nordpol der Erde steht, so darf man nur seine Höhe über dem Horizont eines Orts messen, um dessen geographische Breite nahezu kennen zu lernen; zu einer genaueren Bestimmung aber eignen sich die Circumpolarsterne überhaupt, indem man ihre Höhe bei ihren beiden Meridianständen mißt, zwischen denen der Pol in der Mitte liegen muß. Da ferner wegen der Axendrehung ein und dasselbe Gestirn, namentlich also die Sonne, nach welcher sich die bürgerliche Zeit richtet, dem östlicheren Ort früher aufgeht und kulminirt, als dem westlicheren, und da das scheinbare Fortrücken der Sonne, d. h. die Axendrehung der Erde gleichförmig ist: so kann man aus dem Zeitunterschied zweier Orte auf ihren Längenunterschied schließen, d. h. um wie viel Grade der eine östlich oder westlich vom andern liegt, wobei das Grundverhältniß ist, daß 360 Grade auf 24 Stunden kommen. Man dürfte also nur eine gut gehende Pariseruhr nach Berlin bringen und mit einer gutgehenden Berlineruhr vergleichen, um aus ihrem Unterschied den Längenunterschied der beiden Orte zu erschließen. Ohne aber auf den Uhrentransport sich einzulassen, dürfte man nur an den beiden Orten ein und dasselbe Ereigniß,

sei es ein Feuersignal auf Erden, sei es eine Finsterniß am Himmel, gleichzeitig beobachten und die beobachteten Uhrzeiten sofort brieflich vergleichen, um vollkommen dasselbe zu erreichen.

Die Erscheinung des täglichen Kreislaufs ist nach der geographischen Breite verschieden. Der gestirnte Himmel zerfällt für alle Erdorte (ausgenommen die Pole und die Aequatororte) in drei Zonen, die Zone der stets sichtbaren Circumpolarsterne (für uns auf der nördlichen Halbkugel die Nordsterne), die Zone der auf- und untergehenden Sterne halbirt vom Aequator, und die Zone der stets unsichtbaren Sterne um den andern Pol (für uns die Südsterne). Die Größe derselben hängt von der geographischen Breite (Polhöhe) ab; alle Sterne, welche nicht um mehr Grade vom Nordpol abstehen, als unser Beobachtungsort vom Aequator, sind für uns die stets sichtbaren Nordsterne; diejenigen aber, welche bis auf dieselbe Weite vom Südpol abstehen, sind für uns die stets unsichtbaren Südsterne; diejenigen endlich, welche dazwischen liegen, nördlich und südlich vom Aequator stehen, gehen auf und unter dergestalt, daß bei den nördlichen der Tagebogen, bei den südlichen der Nachtbogen der größere ist, bei den Aequatorsternen dagegen beide gleich sind, (daher allgemeine Tag- und Nachtgleiche auf der Erde, wenn die Sonne senkrecht über dem Aequator steht). Je größer daher die geographische Breite eines Orts ist, desto größer sind für dieselben die Zonen der sichtbaren sowohl als der unsichtbaren Circumpolarsterne, desto kleiner die Mittelzone, bis diese an den Polen gänzlich verschwindet, so daß hier die eine Hälfte des gestirnten Himmels stets, die andere nie sichtbar ist. Je kleiner dagegen die geographische Breite, desto mehr nimmt die Mittelzone zu, die beiden anderen ab, bis diese unter dem Aequator selbst ganz verschwindet, so daß hier alle Sterne des Himmels auf- und untergehen, und nur ein genau über einem der Pole stehender Stern beständig im Horizont sich befände. In den Aequatororten, in deren Horizont stets die Pole sich befinden, sieht man ferner alle Gestirne senkrecht über den Horizont aufsteigen und gleich lang über wie unter demselben verweilen, daher die beständige Tag- und Nachtgleiche unter dem Aequator.

Das Schiefaufsteigen nimmt vom Aequator nach den Polen hin beständig zu, bis diese selbst, deren Horizont der Aequator ist, sämmtliche Gestirne der einen Halbkugel stets parallel dem Horizont kreisen sehen. Als in der Zeit der großen geographischen Entdeckungen die Europäer zuerst auch auf die südliche Halbkugel kamen, entdeckten sie nicht nur neue Länder, sondern auch neue Himmelserscheinungen und Sternbilder, und der Name der Magellanischen Wolken erinnert stets an die Ueberraschung, die der erste Anblick der früher in Europa gänzlich unbekannten Räume des Südhimmels gewährte.

Die Axendrehung der Erde spielt eine bedeutende Rolle bei vielen irdischen Hergängen, unter denen freilich der Wechsel von Tag und Nacht voransteht, die stets die Erde umwandelnde Gränze der Beleuchtung und Erwärmung durch die Sonne. Ihren Einfluß auf Strömungen des Meeres und der Luft behalten wir der Naturgeschichte der Erde vor. Hier aber ist eine aus der Axendrehung entsprungene irdische Kraft zu erwähnen, die sich der Schwere zur Seite stellt und so zu sagen mit ihr fortwährend kämpft, aber auch Spuren einer vorgeschichtlichen Wirksamkeit hinterlassen hat, in denen sie ihre „geologische" Rolle gespielt hat. Es ist die Schwungkraft, eine Kraft, welche bei jeder krummlinigen, insbesondere also bei den Kreisbewegungen einer Axendrehung entsteht und die kreisenden Massentheilchen von der Axe, rechtwinklig zu derselben, zu entfernen strebt. Sie ist eine Folge von der gewaltsamen Ablenkung der kreisenden Theilchen von der geradlinigen Richtung, welche dieselben stets ihrer Trägheit zu Folge zu behalten streben. Wer hat nicht schon die Folgen dieses Zwangs an Rädern aller Art bemerkt oder beim Walzen erfahren? Bei der Axendrehung eines Körpers nun beschreiben alle Theile desselben größere und kleinere Kreise, je nach ihren Abständen von der Axe (den Halbmessern dieser Kreise); da aber alle diese Kreise in derselben Zeit (bei der Erde in einem Tag) beschrieben werden, so ist die Geschwindigkeit der einzelnen Kreisungen um so größer, je größer ihre Halbmesser sind, und desgleichen die dabei entwickelten Schwungkräfte. An der Erdoberfläche ist daher Geschwindigkeit

und Schwungkraft um so größer, je größer der Halbmesser des Parallels, d. h. je kleiner die geographische Breite ist, am größten am Aequator, Null an den Polen; beides ist ferner unter einer und derselben Breite um so größer, je höher der betreffende Ort über der Meeresfläche liegt (wir haben hievon bereits für die Geschwindigkeit oben eine Anwendung gemacht). Die Richtung der Schwungkraft ist derjenigen der Schwere entgegengesetzt, gerade entgegengesetzt aber nur unter dem Aequator, überall sonst unter einem stumpfen Winkel, der mit wachsender Breite an Stumpfheit abnimmt. Wir haben also an der irdischen Schwungkraft eine der Schwere entgegenwirkende Kraft und zwar in verschiedenem Grad an verschiedenen Orten der Erde. Warum sie nichts von der Erde losreißt und in den Raum hinaus schleudert, was man früher gegen die Axendrehung der Erde geltend machen wollte, erledigt sich ganz einfach dadurch, daß bei der bestehenden Geschwindigkeit der Drehung die Schwungkraft von der Schwere weit überwogen wird.

Betrachten wir zuerst den Kampf der beiden Kräfte bei der Ballung der Erdmaterie. Daß die Erde als ursprünglich flüssige Masse unter dem bloßen Einfluß der Schwere vollkommene Kugelgestalt annehmen mußte, haben wir gesehen; die Schwungkraft aber mußte dieß in der Art verhindern, daß in der Gegend, wo sie am stärksten ist, mehr Materie sich anhäufte, und ganz allmälig weniger bis zu den Stellen, wo die Schwungkraft Null ist, d. h. die Erde mußte in der Gleicherzone anschwellen und an den Polen sich abplatten. Unter dem vereinten Einfluß beider Kräfte mußte die flüssige Erde die Gestalt eines elliptischen Umdrehungskörpers (Revolutions-Ellipsoids) annehmen, d. h. während der Aequator und seine Parallelen sämmtlich vollkommene Kreise sind, sind die Meridiane Ellipsen, eine Art von regelmäßigen Ovalen, deren Durchmesser von einem größten, dem Aequatordurchmesser, bis zu einem kleinsten, dem Polardurchmesser oder der Erdaxe, stetig abnimmt. Ebenso nimmt ferner die Krümmung dieser Meridianellipsen von einer größten am Aequator bis zu einer kleinsten an den Polen stetig ab, und beide Abnahmen sind ebenmäßig längs allen Meridianen.

Da nun einer stärkeren Krümmung ein kleinerer, einer schwächeren ein größerer Kreis entspricht, und da einem und demselben Winkel, z. B. dem Winkel von einem Grad, in dem kleineren Kreis ein kleinerer Bogen entspricht, als in dem größeren, so ergibt sich daraus die Zunahme der Breitengrade oder der Meridiangrade vom Aequator zum Pol, d. h. die Breitengrade sind am kleinsten in der Nähe des Aequators, und nehmen von da stetig zu bis zu den Polen, wo sie am größten sind. Alles dieß hat man sich zu denken, wenn man von der Abplattung der Erde spricht, oder wenn man ihr die Gestalt eines elliptischen Rundkörpers zuschreibt, die sich aus der vereinten Wirkung von Schwere und Schwung auf die flüssige Erdmasse ergibt.

Daß dem aber wirklich so ist, das haben thatsächlich die Gradmessungen gezeigt, welche im vorigen und im laufenden Jahrhundert in verschiedenen Gegenden der Erdfläche, in den Tropen, den Polarländern und in zahlreichen Mittelgegenden zwischen Aequator und Pol angestellt worden sind. Sie haben aber auch gezeigt, daß die Abplattung der Erde oder die Abweichung ihrer Meridiane vom Kreis nicht sehr beträchtlich ist. Der Aequatordurchmesser übertrifft die Erdaxe nur um den dreihundertsten Theil seiner Länge oder um fast fünf und dreiviertel Meilen, und ein Aequatorort ist von der Erdmitte um die Hälfte, also gegen drei Meilen weiter entfernt, als der Pol, während die höchsten Berggipfel nur wenig über eine Meile weiter von der Erdmitte abstehen, als die Meeresfläche. Wie die Gradmessungen in hohem Grade mit einander in diesem Ergebniß übereinstimmen, so ist man auch auf anderen Wegen zu nahe gleichem Ergebniß gelangt, durch Pendelbeobachtungen an verschiedenen Orten der Erde und durch gewisse Ungleichheiten im Mondlauf, wovon seiner Zeit die Rede sein wird. Wenn aber auf der einen Seite hieraus hervorgeht, daß man in roheren Betrachtungen die Erde gar wohl als Kugel behandeln darf, ohne zu sehr von der Wahrheit abzuirren: so ist auf der anderen Seite die Uebereinstimmung der erwähnten Messungen doch nicht so groß, daß mit dem Rundellipsoid die Gestalt der Erde

vollkommen erschöpft wäre. Ehe wir aber von den zurückbleibenden Unregelmäßigkeiten handeln, müssen wir die weiteren Aufschlüsse verfolgen, welche die Abplattung der Erde über die Bildung des Erdkörpers gibt, denn die Gestalt der Erde hängt überhaupt mit der Vertheilung ihrer Masse um den Schwerpunkt zusammen.

Wir haben es zwar schon im ersten Abschnitt wahrscheinlich gefunden, daß bei der Ballung der flüssigen Erdmasse Schichten um den Schwerpunkt her sich bilden mußten, deren Dichte nach innen zunimmt. Allein dieß ist zunächst ein rein theoretischer Schluß aus den Gesetzen der Lagerung schwerer Flüssigkeiten und setzt jedenfalls voraus, daß die Erde aus verschiedenartigen flüssigen Stoffen bestand, während, so wahrscheinlich dieß ist, der andere Fall doch auch denkbar wäre, der Fall einer durchgängig nahezu gleichartigen Flüssigkeit, in welchem dann von keiner Schichtenlagerung die Rede sein könnte. Hierüber entscheidet nun thatsächlich der wirkliche Betrag der Abplattung, und liefert den erfahrungsmäßigen Beweis von der nach innen zunehmenden Dichte der Erdmasse. Die Mechanik zeigt nämlich, daß die Abplattung um so geringer sein muß, je mehr die Dichtigkeit des Kerns die der Oberfläche übertrifft; sie betrüge nur den 576sten Theil des Aequatordurchmessers, wenn die Kerndichte die des übrigen Körpers so zu sagen unendlich überträfe, dergestalt nämlich, daß die Richtung der Schwere trotz des Schwungs stets nach dem Mittelpunkt ginge. Im Gegentheil ist nach mechanischen Gesetzen die Abplattung um so größer, je geringer jener Unterschied der Dichte, sie beträgt den 230sten Theil des größten Durchmessers, wenn die Dichte der ganzen Masse gleichförmig wäre, und müßte noch größer sein, wenn die Dichte nach innen zu vielmehr abnähme, oder wenn die Erde gar eine Hohlkugel wäre. Da nun die wirkliche Abplattung in der That beträchtlich kleiner ist schon als diejenige, welche eine gleichförmig dichte Masse voraussetzt, so muß die Dichte nach innen zunehmen, geschweige denn daß die Erde hohl sein könnte. Es verlohnt sich, diesen Umstand nachdrücklich hervorzuheben, daß die Vorstellung von einem hohlen Erdinnern

durchaus unvereinbar ist mit der nunmehr gewonnenen Einsicht in die bei der Bildung der Erde wirksamen Kräfte. Die Physik läßt keinen Raum für eine Unterwelt, welche die Phantasie wohl schon mit einer eigenen organischen Welt, ja auch mit zwei kleinen unterirdisch kreisenden Planeten ausgestattet hat.

Da auf der andern Seite die wirkliche Abplattung der Erde viel größer ist, als sie in dem Fall sein könnte, wenn eine so große Verdichtung um den Mittelpunkt her stattfände, daß die Richtung der Schwere trotz der mit der Erdanziehung sich verbindenden Schwungkraft nach der Erdmitte gehen könnte, so folgt nicht nur, daß das letztere nicht stattfindet, d. h. daß die vereinte Wirkung der beiden Kräfte, welche nach den Sätzen über schwere Flüssigkeiten im ersten Abschnitt, stets zur Oberfläche rechtwinklig sein muß, nicht nach der Erdmitte gerichtet sein kann, sondern nach verschiedenen, übrigens von der letzteren nicht erheblich abweichenden Punkten, sondern es folgt auch, daß das Verhältniß der Kerndichtigkeit und der oberflächlichen Dichte gewisse Gränzen nicht übersteigen kann. Ja, wenn man überdieß eine ebenmäßige und stetige Zunahme der Dichte nach der Erdmitte voraussetzen, d. h. annehmen darf, daß jede folgende Erdschicht um ein Unmerkliches dichter als die vorhergehende sei, während jede für sich rund herum einerlei Dichte besitze: in dieser Voraussetzung läßt sich sogar das Dichtigkeitsverhältniß der äußersten und innersten Schicht, der Erdrinde und des Erdkerns, ermitteln. Es würde sich also aus der Abplattung sogar die Dichte des Erdkerns und die mittlere Dichte der Erde ergeben, da man die durchschnittliche Dichte der Erdrinde aus der Erfahrung kennt, wornach sie die des Wassers etwa $2^2/_3$mal übertrifft. Man findet aber von der genannten (zunächst unbewiesenen) Voraussetzung aus, daß die größte Dichte an der Erdmitte die kleinste an der Oberfläche über $4^1/_4$mal übertreffen muß, die mittlere aber fast $2^1/_8$mal, wornach letztere $5^2/_3$mal, erstere $11^1/_3$mal die des Wassers wäre. Nun besitzt man aber ganz unmittelbare Mittel, die mittlere Dichte der Erde erfahrungsmäßig zu bestimmen, wie wir im vierten Abschnitt sehen werden, und da deren Ergebniß mit demjenigen sehr übereinstimmt, wel-

ches unter jener Voraussetzung einer gleichmäßigen und stetigen Dichtigkeitszunahme aus der Abplattung sich ergibt, so folgt zugleich, daß diese Voraussetzung von der Wirklichkeit nicht erheblich abweichen kann, daß daher auch der Schwerpunkt mit der Erdmitte oder dem Mittelpunkt des Rundellipsoids nahezu zusammenfallen muß, und daß das Erdinnere keine Höhlungen enthalten kann, deren Größe mit derjenigen des ganzen Erdkörpers in Vergleich käme, welcher vielmehr als ein durchaus massiger Körper zu betrachten ist.

Ebenso gewiß ist es aber, daß die mehrfach bezeichnete regelmäßige Massenvertheilung und Dichtigkeitszunahme, sowie die rundellipsoidische Gestalt nur nahezu oder im Allgemeinen stattfindet, daß also diese Gestalt immerhin nur erst als eine zweite Näherung zu betrachten ist, gleichwie schon die Kugelgestalt entschieden eine erste Näherung ist. Denn die verschiedenen Gradmessungen stimmen nicht völlig überein, vielmehr ist ihr Hauptergebniß, daß man keine regelmäßige Figur der Erde angeben kann, welche allen diesen Messungen zugleich vollkommen Genüge leistete; selbst durch die schärfsten Beobachtungen wird nichts anderes erlangt, als daß man die Krümmung eines Stücks von einem unregelmäßigen Körper kennt. So spricht sich Bessel über den gegenwärtigen Stand der immer noch nicht abgeschlossenen Frage nach der wahren Gestalt der Erde aus, und derselbe große Astronom findet die Ursache dieser Unregelmäßigkeiten in der Figur in einer entsprechenden Unregelmäßigkeit der Massenvertheilung im Innern, eine Erkenntniß, welche somit die nächste Folge von jenem letzten Ergebniß der bisherigen Gradmessungen ist. Allein diese Unregelmäßigkeiten in Gestalt und Massenvertheilung sind noch viel unerheblicher und untergeordneter als die Abplattung, und überschreiten schwerlich den Rang der Unregelmäßigkeiten, welche die Vertheilung des Festlands an der Erdfläche selbst darbietet. Ja die Ursache jener Abweichungen mag wie die Ursache der Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche in nichts anderem zu suchen sein, als in den erdbildenden Kräften und in den geologischen Umwälzungen, von denen im neunten Abschnitt die Rede sein wird. Bei

der Unebenheit oder Rauhigkeit der Oberfläche ist schlechterdings keine Aussicht auf eine Gesetzmäßigkeit da; ob es sich gleicherweise mit den bezeichneten Abweichungen der Grundgestalt selbst von der eines Rundellipsoids verhält, läßt sich noch fragen, sofern die Gradmessungen bis jetzt nur einen ziemlich kleinen Theil der Erdfläche umfassen. Wir wissen, daß die verschiedenen Erdmeridiane keineswegs vollkommen gleiche Ellipsen, sowie daß der Aequator und seine Parallelen keine vollkommenen Kreise sind, ja daß selbst die einzelnen Meridiane schwerlich in ihren verschiedenen Theilen, namentlich z. B. auf der nördlichen und südlichen Halbkugel, ebenmäßig sind; allein ob in diesen Abweichungen wieder eine Regelmäßigkeit stattfinde oder nicht, ob etwa z. B. der Aequator und seine Parallelen auch Ellipsen sind, weniger vom Kreis abweichend, als die Meridiane, solche Fragen müssen wir auf sich beruhen lassen.

Bei allen diesen Ungleichheiten in Gestalt und Massenvertheilung kann man noch fragen, ob sich dieselben in Beziehung auf die Erdmitte ausgleichen, ob also der geometrische Mittelpunkt mit dem Schwerpunkt zusammenfalle. Daß es jedenfalls nahezu der Fall ist, haben wir bereits bejaht mit der nahezu stattfindenden ebenmäßigen Massenvertheilung; allein wir haben auch störende Einflüsse kennen gelernt, welche es in Frage stellen, ob gedachtes Zusammenfallen vollkommen genau stattfindet, solche sind die großen geologischen Umwälzungen. An der Oberfläche selbst ist die Masse in der That ungleich vertheilt (Meer und Land, Hochland und Tiefland), indeß könnten diese Ungleichheiten wieder durch entgegengesetzte Ungleichheiten im Innern ausgeglichen sein. Ist aber der Schwerpunkt vom Mittelpunkt verschieden, so geht die Richtung der Schwere, d. h. schon die der Erdanziehung an sich, nicht genau nach der Mitte, und in Folge der Abplattung schon oder der ellipsoidischen Gestalt ist die Richtung der Schwere nicht genau rechtwinklig zur Oberfläche oder zum Horizont, vielmehr ist erst die vereinte Wirkung der Schwere und Schwungkraft eine senkrechte Kraft. Diese Abweichung wird in der That bei manchen Untersuchungen berücksichtigt, welche große Genauigkeit erheischen, sie ist aber sehr gering, so daß man

meistens davon Umgang nehmen kann; letzteres ist ohnedieß nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse geboten in Beziehung auf die etwaige Verschiedenheit des Schwerpunkts von der Erdmitte.

Die Schwungkraft hat längst aufgehört, auf die Gestaltung der Erde zu wirken, aber der Schwere wirkt sie noch stets entgegen und dieß, in Verbindung mit der Abplattung selbst, hat geographische Verschiedenheiten in der Größe der Schwerkraft zu Folge, die man durch das Pendel untersucht hat. Vermöge der Abplattung nimmt der Abstand der Erdfläche von der Erdmitte ab in der Richtung von dem Aequator zu den Polen, schon deßhalb muß also die Schwere in derselben Richtung zunehmen, gemäß dem früher erörterten Anziehungsgesetz. Ueberdieß aber vermindert die Schwungkraft die Schwere am meisten da, wo sie am größten ist und der Schwere am unmittelbarsten entgegenwirkt, d. h. am Aequator, und die Schwere erleidet daher in derselben Richtung den Polen zu einen immer kleineren Abzug durch die Schwungkraft. Aus beiden zusammen ergibt sich also die Zunahme der Schwere mit zunehmender (geographischer) Breite, und damit zugleich die Zunahme der Länge des Sekundenpendels, indem man die größere Beschleunigung der Schwere in höheren Breiten durch Verlängerung des Pendels nach den früher entwickelten Gesetzen ausgleichen kann. Auch die Unterschiede in der Schwere sind gering, doch merklich genug für das Pendel; das Sekundenpendel von Paris, welches also in einem Tag 86400 Schwingungen vollzieht, macht am Aequator ungefähr 129 Schwingungen weniger, eine darnach geregelte Uhr bliebe also in einem Tag um etwas über 2 Minuten zurück. In der That können die 3 Meilen der Abplattung die Anziehung der Erde nicht bedeutend ändern, und was die Schwungkraft betrifft, so ist diese am Aequator selbst, wo sie am größten ist, 289mal schwächer als die ebendaselbst stattfindende Anziehung der Erde, vermindert also diese oder die Schwere nur um $^1/_{289}$ ihres abgesehen von der Schwungkraft stattfindenden Betrags. Hätte die Erde eine größere Drehungsgeschwindigkeit, so wäre die Schwungkraft größer, und zwar, wie die Mechanik lehrt, in quadratischem Verhältniß; d. h. z. B. wenn die Erde im 17. Theil

von 24 Stunden oder in 1 Stunde und fast 25 Minuten ihre Axendrehung vollendete, so wäre die Schwungkraft am Aequator 17 · 17, d. h. 289mal größer als jetzt, mithin nach Obigem der Schwere gleich, Schwungkraft und Schwere würden dann am Aequator sich Gleichgewicht halten, vorausgesetzt, daß die Abplattung dieselbe geblieben wäre; die ungleich größere Schwungkraft hätte aber dann auch eine ungleich größere Abplattung, wo nicht die Zertrümmerung des Körpers zur Folge gehabt, welche jedenfalls bei noch größerer Drehungsgeschwindigkeit eintreten müßte. Man sieht aus diesen Betrachtungen, welche Veränderungen mit der Erde durch blose Steigerung ihrer Drehungsgeschwindigkeit vorgehen könnten, ja daß dadurch ohne Feuer und Wasser der jüngste (Erden-) Tag erzielbar wäre.

Haben wir im ersten Abschnitt die Ballung durch die Schwere als allgemeines Weltkörpergesetz erkannt, so dürfen wir auch nicht anstehen, die Axendrehung mit ihren Folgen, d. h. vor allem mit der ellipsoidischen Gestalt auf die anderen Weltkörper überzutragen. Die Beobachtung hat es bei Sonne und Mond und bei allen größeren Planeten nachgewiesen sammt merkwürdigen Verschiedenheiten von den Drehungsverhältnissen der Erde; wir behalten aber bezeichnende Einzelnheiten hierüber dem zweiten Buche vor.

Die Unveränderlichkeit und Gleichförmigkeit der irdischen Axendrehung machen dieselbe zur Grundlage der Zeitmessung. Denken wir uns ein Fernrohr unveränderlich aufgestellt, so daß in der Mitte des Gesichtsfelds ein Stern steht, so ist die Zeit, welche vergeht, bis dieser Stern wieder in der Mitte des Fernrohrs erscheint, genau der Zeitraum einer Axendrehung der Erde oder der Sterntag. Was nämlich auch die Sterne für Bewegungen haben mögen, so sind diese während eines so kurzen Zeitraums, ja während vieler Jahre, wegen der ungeheuren Entfernungen für uns unmerklich klein. Anders ist es mit den Wandelgestirnen, welche zwar ebenfalls an dem täglichen Kreislauf Theil nehmen, aber während desselben ihre Stellung unter den Fixsternen ändern. Für diese kann deßhalb die Zeit,

in welcher sie in den Meridian eines Orts zurückkehren, der Axendrehungszeit der Erde nicht gleich sein, namentlich dauert die Zeit von einer Sonnenkulmination zur andern, von einem Mittag zum andern, d. h. der Sonnentag gegen vier Minuten länger als der Sterntag. Da nun unsere Uhren nach der Sonne gehen müssen, so verwickelt sich dadurch die Zeitmessung, worauf wir im nächsten Abschnitt zurückkommen. Ebenso spiegelt sich die vollkommene Gleichförmigkeit der Axendrehung vollkommen nur in dem täglichen Fortrücken der Sterne ab. Denken wir uns ein Fernrohr parallel der Axe aufgestellt, so daß der scheinbare Himmelspol die Mitte desselben einnimmt und daß der Polarstern innerhalb des Gesichtsfelds seinen kleinen scheinbaren Kreis vollendet; denken wir uns ferner dieses Gesichtsfeld von seiner Mitte aus durch feine Fäden etwa in 24 gleiche Theile getheit, so haben wir die vollkommenste Uhr für Sternzeit; die Zeit, welche der Polarstern von einem der Fäden zum andern braucht, ist stets dieselbe, eine Stunde Sternzeit.

Wie die Unveränderlichkeit des Zeitraums, so ist auch die Unveränderlichkeit der Axe innerhalb des Erdkörpers eine bezeichnende Eigenschaft seiner freien Axendrehung. Die Pole, sowie der Aequator nehmen stets dieselben Stellen auf der Erdfläche ein. Die geographischen Breiten bleiben unveränderlich. Dieß verstände sich wohl bei einer Drehung um eine feste Axe von selbst, keineswegs aber bei einer Drehung um eine freie Axe. Auch zeigt die Mechanik, daß diese Erhaltung der Axe, welche der freien Axendrehung der Erde den Anschein gibt, wie wenn diese an einer festen Axe steckte, und in Folge davon die sich gleichbleibende Drehungsgeschwindigkeit voraussetzt, daß die Axe eine Hauptaxe oder Massenaxe sei, d. h. nicht nur durch den Schwerpunkt (Massenmittelpunkt) gehe, sondern auch in ihrer ganzen Ausdehnung eine ebenmäßige Lage im Innern des Körpers habe, vermöge der die Massentheilchen desselben nach Richtungen rechtwinklig zur Axe gleichmäßig vertheilt sind, dergestalt, daß sie vermöge der Schwungkräfte der Theilchen von allen Seiten gleich stark gedrückt wird oder keinen einseitigen Druck erleidet. Eine solche Hauptaxe oder

natürliche Drehaxe ist bei einer Kugel mit gleichmäßigen concentrischen Schichten jeder Durchmesser, bei einem Rundellipsoid aber jeder Durchmesser des Aequators, aber auch der kleinste Durchmesser, und weßhalb letzterer die Drehaxe der Erde werden mußte, haben wir bereits gesehen.

Die Erdaxe geht aber als natürliche Drehaxe (Massenaxe) nicht nur stets durch dieselben Punkte des Erdkörpers, sondern sie bleibt sich auch wenigstens für lange Zeiträume merklich parallel, sie erhält sich mit dem ganzen Erdkörper in derselben Lage, vermöge deren sie eben seit langer Zeit nahezu nach dem Polarstern hin gerichtet ist. Wir dürfen zwar schon hier nicht verhehlen, daß dieß nur nahezu der Fall ist, und daß die Richtung der Erdaxe im Weltraum ganz allmählig und sehr langsam sich ändert, so daß die Aenderung erst nach langen Zeiträumen dem blosen Anblick des Himmels merklich wird. In der That spielte der gegenwärtige Polarstern diese Rolle nicht zur Zeit der alexandrinischen Astronomen, und wird auch wiederum im Verlauf der Jahrhunderte anderen Nordsternen seine Stelle einräumen. Wie dem auch sei, so erhebt sich hier die Frage: wie kommt es, daß die freie Axe während so langer Zeiträume sich merklich in derselben Richtung erhielt? Es ist der Schwung der Masse selbst oder der vereinte Druck aller einzelnen Schwungkräfte, welcher die Richtung der Axe erhält; je größer die Drehungsgeschwindigkeit und je größer die Masse des Körpers, desto größer ist der Schwung, desto dauerhafter ist auch die Axendrehung selbst. Wir erinnern nur an die allbekannte Erscheinung des Kreisels, dessen Drehung um seine senkrechte Axe wenigstens eine halbfreie ist, halbfrei, weil er bei seiner Bewegung auf einer festen Ebene steht. Was anders erhält die Spindel aufrecht, als der Schwung der Axendrehung, der Kreisel klappt um, sowie die Drehung aufhört, er erhält sich im Gegentheil um so länger vollkommen senkrecht, je größer die Drehungsgeschwindigkeit, und je größer die gleichmäßig um die Spindel vertheilte Masse ist. Besteht er z. B. aus einer schweren Bleischeibe an einer eisernen Spindel, so kann er bei seiner Axendrehung sogar Stöße aushalten, ohne eine andere Störung zu erfahren,

als daß die Axe, anstatt vollkommen senkrecht sich zu halten, selbst eine kegelförmige Bewegung um die senkrechte Richtung annimmt. Dasselbe findet von Anfang an statt, wenn die Masse der gedachten Bleischeibe nicht gleichförmig um die Spindel des Kreisels vertheilt, sondern wenn nach einer Seite hin ein (verhältnißmäßig nicht zu großes) Uebergewicht vorhanden wäre. Etwas der Art findet nun in der That auch bei der Erde statt, obgleich ihre Drehaxe von der Massenaxe kaum merklich verschieden sein kann (in keinem höheren Maß als der Mittelpunkt vom Schwerpunkt), und wir werden später die Ursache der Störung erfahren und zugleich diese selbst näher kennen lernen, die wir eben nur nothdürftig andeuten mußten. Das merkliche Parallelbleiben der Erdaxe aber während kleinerer Zeiträume ist für den nächsten Abschnitt von Wichtigkeit.

Fragt man endlich nach der Entstehung der Axendrehung der Erde, so kann man zwar auf der einen Seite an die Art erinnern, wie wir Körper, sei es mit festen Axen, wie z. B. Mühlräder, oder halbfreie Körper, z. B. Kreisel und Billardkugeln in Axendrehung versetzen. Bei jenen reicht jeder nicht durch die feste Axe gehende Stoß dazu hin, bei freien Körpern aber bringt jeder Anstoß, welcher nicht durch den Schwerpunkt geht, eine Drehung um denselben zugleich mit einer fortschreitenden Bewegung des Körpers hervor; und wenn bei halbfreien Körpern auf einer festen Ebene selbst schon in Folge eines centralen Stoßes Axendrehung entsteht, so ist hier die Reibung im Spiel. Allein auf der andern Seite darf man wohl hievon keine so unmittelbare Anwendung auf die Erde, sowie auf die übrigen Weltkörper machen, vielmehr muß man gestehen, daß die Entstehung der Axendrehungen mit der Entstehung der Körper selbst zusammenhängen muß, und daß man hierüber wenig Sicheres sagen kann, außer dem, was wir bereits über den Zusammenhang von Axendrehung und Gestaltung vermöge des ursprünglichen flüssigen Zustandes gesagt haben, wobei aber die Axendrehung als schon vorhanden vorausgesetzt war. Zugleich weist die Axendrehung der Erde, als die eines freien Körpers, wie immer dieselbe entstanden sein mag, auch auf eine

fortschreitende Bewegung im Raum hin, zwei Bewegungen, welche ohne Zweifel mit einander entstanden sind, und deren Verbindung am meisten an die rollende Bewegung eines halbfreien Körpers erinnert.

Die Bedingungen der unveränderlichen Erhaltung dieser Bewegung aber sind einmal das schon besprochene Zusammenfallen der Drehaxe mit einer Massenaxe, alsdann die Unveränderlichkeit der Größe des Erdkörpers. So lange die Axe und die Größe dieselbe bleibt, bleibt auch die Geschwindigkeit nothwendig sich gleich, und da es erwiesen ist, daß der Sterntag seit den frühesten geschichtlichen Nachrichten sich um keine Hundertstelssekunde geändert hat, so muß wohl beides wenigstens seitdem unverändert geblieben sein. Daß aber die natürliche Drehaxe als solche sich erhalten hat, setzt voraus, daß seitdem die Massenvertheilung keine beträchtliche Aenderung, nämlich im Verhälniß zur Masse des Ganzen, erlitten hat, denn bei anderer Massenvertheilung muß sich auch die Massenaxe ändern, und damit die Drehaxe. In der That sind nun manche Einflüsse und Hergänge vorhanden, von welchen man Aenderungen in den genannten Umständen erwarten könnte; was aber kosmische Einflüsse betrifft, so werden diese im vierten, geologische dagegen werden im neunten Abschnitt, zur Sprache kommen, mit welchem der vorliegende überhaupt so manche Berührungspunkte darbietet.

III.

Die Erde in fortschreitender Bewegung als Planet des Sonnensystems.

Wir fahren fort uns im Weltall zurechtzufinden mit der dritten Grunderscheinung, mit dem jährlichen Kreislauf, den die Sonne uns darbietet. Wir haben bereits eingesehen, daß sämmtliche Wandelgestirne, und so insbesondere die Sonne nicht auf dieselbe Weise an dem täglichen Kreislauf theilnehmen, wie die Firsterne, zu denen sie von Tag zu Tag ihre Stellung verändern. Verfolgen wir dieß nun bei der Sonne, um ihre scheinbar eigene Bewegung kennen zu lernen, so haben wir zwei Hauptumstände hervorzuheben. Der eine ist die Verspätung der Sonne gegen die Sterne bei dem täglichen Kreislauf. Ein Firstern, welcher etwa gestern um Mitternacht kulminirte, erscheint heute gegen vier Minuten bälder im Meridian, morgen wieder um so viel bälder u. s. w., bis er nach 365 Sonnentagen wieder um Mitternacht kulminirt und in dieser Zeit einmal öfters, nämlich 366 mal, kulminirt hat als die Sonne. Es ist also gerade so, wie wenn die Sonne während jeden Tags um ungefähr vier Minuten Zeit ostwärts gegen die Sterne zurückbliebe, oder sich in der Richtung West-Ost täglich fast um einen Grad fortbewegte, so daß sie in der Zeit von etwas über 366 Axendrehungen der Erde (Sterntagen) einen vollen Umlauf am Himmel vollendet, in welcher Zeit sie selbst nur 365 mal auf- und untergegangen ist. Daher ändert sich überhaupt der Anblick des Himmels in der Mittelzone der auf- und untergehenden Sterne allmälig gänzlich, so daß nach einem halben Jahr durchaus andere Sternbilder den mitternächtlichen

Himmel einnehmen, diejenigen nämlich, welche vor Ablauf dieser Zeit um Mittag über dem Horizont gestanden hatten, überstrahlt von der Sonne, (und umgekehrt), nach einem ganzen Jahr aber der ursprüngliche Himmelsstand zurückkehrt.

Das andere ist die Veränderung des Standes der Sonne gegen den Aequator. Während der Fixstern über demselben Parallel senkrecht bleibt, in denselben Punkten des Horizonts auf- und untergeht, dieselbe Höhe über dem Horizont erreicht und gleichlang über dem Horizont verweilt (was alles wenigstens für sehr lange Zeiträume sich gleichbleibt): ändert sich das Alles bei der Sonne schon von einem Tag zum andern, indem sie (wie die übrigen Wandelgestirne) vom Aequator nach beiden Seiten bis zu einem Größten abweicht und darnach die Zeit ihres Verweilens sowie ihre Höhe über dem Horizont eines Erdorts beständig ändert. In diesem stetigen jährlichen Wechsel der Tageslängen und der Mittagshöhen der Sonne, auf denen wieder die verschiedene Wärme der Sonnenstrahlen beruht, stellen sich vier Hauptstände der Sonne heraus, welche die sogenannten astronomischen Jahreszeiten bestimmen, die Jedermann aus dem Kalender kennt. Zweimal nämlich im Jahr steht die Sonne senkrecht über dem Aequator, womit die allgemeine Tag- und Nachtgleiche auf der ganzen Erde verbunden ist, sonst, in der einen Hälfte des Jahrs nördlich vom Aequator bis zu einer größten nördlichen Abweichung von 23½ Grad, in der andern Hälfte südlich vom Aequator bis zu einer ebenso großen südlichen Abweichung; dieß sind die beiden Sonnenwenden, wo die Sonne über den Wendekreisen senkrecht steht, um sofort zum Aequator umzukehren, und womit der höchste Sonnenstand und die längste Tagesdauer beziehungsweise auf der nördlichen und auf der südlichen Halbkugel verknüpft ist. Die Sonne macht also ihren jährlichen Umlauf innerhalb einer Zone des Himmels von 47 Grad Breite zwischen den beiden Wendekreisen, mitten vom Aequator durchschnitten. Da ferner in gleichen Zeiten vor und nach den Sonnenwenden gleicher Sonnenstand stattfindet, da auf beiden Seiten des Aequators jene Erscheinungen regelmäßig sich entsprechen, so erfolgt

die jährliche westöstliche Bewegung der Sonne nicht etwa im Zickzack, sondern **in einer Ebene**, welche die des Aequators schief, unter jenem Winkel von 23½ Grad, durchschneidet (die **Ekliptik** und ihre **Schiefe**). Da aber endlich die Zeiträume zwischen jenen vier Hauptständen der Sonne nicht vollkommen gleich sind, so ist der Kreislauf der Sonne in der Ekliptik nicht gleichförmig, übrigens ist die Ungleichheit nicht sehr beträchtlich.

Bekanntlich müssen wir auch diese Bewegung, die jährliche der Sonne um die Erde, für Schein erklären und an ihre Stelle vielmehr die der Erde um die Sonne setzen; um aber eine klare Einsicht in dieses „**Kopernikanische Weltsystem**" zu bekommen, müssen wir erst noch einen flüchtigen Blick auf die **übrigen Wandelgestirne** werfen. Erweitern wir die Zone, innerhalb deren die Sonne ihren Jahreslauf regelmäßig zu vollziehen scheint, noch um einige Grade nach Norden und Süden, so haben wir die Zone des Himmels vor uns, in welcher sich auch der Mond und die Planeten beständig aufhalten, es ist die **Thierkreiszone** des Himmels mit ihren **zwölf Sternbildern**. Aber nur die Bewegung des Mondes nimmt sich ebenso regelmäßig wie die der Sonne aus, indem wir ihn stetig, in einerlei Richtung und in einerlei Ebene in dem viel kürzeren monatlichen Zeitraum (in 27½ Tagen) um die Erde sich bewegen sehen und auch keinen Anstand nehmen ihm diese Bewegung wirklich zuzuschreiben, weil sonst, d. h. wenn vielmehr die Erde es wäre, die den Mond in obiger Weise umwandelte, die Bewegung der Sonne nicht die oben geschilderten Regelmäßigkeiten, wenigstens nicht in dem Grade, darbieten könnte. Ganz anders aber verhält es sich mit den Planeten. **Der Lauf eines Planeten** erscheint von der Erde aus sehr verwickelt, er erfolgt weder in einer Ebene noch in einerlei Sinn, er bietet vielmehr Knoten und Schlingen, Stillstände und Rückgänge dar. Nachdem er eine Zeit lang wie die Sonne in westöstlicher Richtung sich bewegt hat, scheint er einige Tage völlig still zu stehen und weiterhin sogar die geradezu entgegengesetzte Richtung einzuschlagen, von welcher aus er nach einem neuen Stillstand wieder rechtläufig wird. Was anderes folgt hieraus, als daß die Bewegung dieser

Weltkörper nicht um die Erde erfolgt? Man konnte sich auch jene Unregelmäßigkeiten in dem alten „Ptolemäischen System," welches alle Weltkörper um die ruhende Erde sich bewegen ließ, nur dadurch erklären, daß man annahm, der Planet bewege sich zunächst um ein Nichts von einem geometrischen Punkt, und dieses Nichts bewege sich dann erst um die Erde; eine Annahme, deren Ungereimtheit heutzutage Jedermann klar ist. Nun richten sich aber jene Erscheinungen im Planetenlauf nach dem beziehungsweisen Stand des Planeten zur Sonne, und wenn man sich den Lauf desselben, so wie er von der Sonne aus erscheint, verzeichnet, so ist er jedesmal in einer Ebene enthalten und erfolgt in einerlei Richtung von West nach Ost, d. h. er bietet dieselbe Regelmäßigkeit dar, wie der Lauf von Sonne und Mond von der Erde aus gesehen, zum deutlichen Beweis dafür, daß die Sonne der wahre Mittelpunkt der Planetenbahnen ist.

Auch besteht in dieser Annahme, so aber, daß sofort die Sonne, mit allen Planeten als ihren Trabanten, um die Erde umlaufen soll, das Tychonische Weltsystem, und ein Theil desselben war schon in dem sogenannten alten ägyptischen System enthalten, welches wenigstens die beiden unteren Planeten zu Trabanten der Sonne machte. In der That ist bei Merkur und Venus, welche der Sonne näher stehen als die Erde, dieses Trabantenverhältniß zur Sonne besonders augenfällig. Wenn man nämlich den Trabanten eines entfernten Weltkörpers daran erkennt, daß er bald rechts bald links von demselben steht, so ist dieß auch bei jenen Planeten der Fall, welche sich östlich und westlich nur bis zu einer gewissen Gränze von der Sonne entfernen, ihr stets als Abendsterne folgen oder als Morgensterne vorangehen (größte westliche und östliche Ausweichung, oberer und unterer Zusammenschein). Die oberen Planeten aber, deren Bahnen Erde und Sonne zumal umgeben, kommen wie der Mond in alle möglichen Stellungen zu Erde und Sonne, auch in Gegenschein (die beiden Viertel, Zusammenschein und Gegenschein); hier ist also das Trabantenverhältniß zur Sonne weniger augenfällig, und um so weniger, in

je weiteren Bögen sie die Sonne und die Erde zugleich umkreisen. So hatte also dieses altägyptische Planetensystem fünf Bahnen um die Erde, den Mond, die Sonne mit ihren beiden Trabanten, Mars, Jupiter, Saturn; das Tychonische dagegen nur zwei, den Mond und die Sonne mit ihren fünf Trabanten. Das Ptolemäische oder alexandrinische (auch schlechtweg das alte Weltsystem genannt) hatte sieben Bahnen um die Erde, war aber mit der Anordnung von dreien derselben (Sonne, Venus und Merkur) in Verlegenheit, die es willkührlich mittelst der Dauer der Umlaufzeiten dahin entschied, daß die Bahnen in der Reihe Mond, Merkur, Venus, Sonne u. s. w. sich folgen sollten; eine Schwierigkeit, welche derjenigen mit den Stillständen und Rückgängen würdig zur Seite steht. Das Kopernikanische Planetensystem endlich (das neue Weltsystem schlechtweg) hatte anfangs sechs (jetzt neun oder sechzehn, je nachdem man die kleinen Planeten einzeln oder als Körperschaft zählt) Bahnen um die Sonne, deren dritte der „neuentdeckte Planet Erde" einzunehmen hatte.

Ohne wiederum in den ganzen Streit einzugehen zwischen dem Kopernikanischen und Tychonischen System — denn nur von diesen konnte noch die Rede sein, nachdem Kopernikus mit so siegreicher Klarheit das Trabantenverhältniß sämmtlicher alten Planeten zur Sonne nachgewiesen — stellen wir gleichwohl die Hauptpunkte dem Leser zur Uebersicht hin. Zuerst handelt es sich darum, daß die oben geschilderten Erscheinungen des jährlichen Kreislaufs eben so gut sich erklären, wenn vielmehr die Erde es ist, welche in der Ekliptik die Sonne in derselben westöstlichen Richtung jährlich mit ungleicher Geschwindigkeit umwandelt, wobei ihre unter einem Winkel von 66½ Grad gegen die Bahn geneigte Drehaxe merklich sich parallel bleibt (was wir bereits als Thatsache kennen). In der That wird der Beobachter auf der die Sonne umwandelnden Erde die Sonne stets in dasjenige Sternbild des Thierkreises an der scheinbaren Himmelskugel versetzen, welches dem Standpunkt der Erde gerade (diametral) gegenüber liegt, daher das scheinbare Fortrücken der Sonne unter den Sternen in derselben Richtung (West-Ost), in welcher

sich der Beobachter bewegt, und die allmälige Veränderung des mitternächtlichen Himmels. In den Stillständen und Rückgängen der Planeten ferner sieht die Erde ebenfalls nur ihre eigene Bewegung; wenn nämlich die Erde dem Planeten in der allgemeinen westöstlichen Richtung voraneilt, so scheint dieser nach der entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen, und zwischen das Nach- und Voraneilen fällt ein scheinbarer Stillstand des Planeten. Da endlich die Erdaxe während eines Jahrs nicht nur ihre Neigung gegen die Erdbahn, sondern auch ihre Richtung im Weltraum so ziemlich beibehält (stets dem Polarstern mit ihrem Nordende zugekehrt), so wird bei dem Umlauf um die Sonne in der einen Hälfte des Jahrs ihr Nordende, in der anderen ihr Südende der Sonne zugewendet sein, im ersten Fall steht diese senkrecht über der nördlichen, im zweiten über der südlichen Halbkugel; dazwischen hinein wird zweimal der Winkel der Sonnenstrahlen mit der Erdaxe ein rechter sein, so daß keiner der beiden Pole mehr als der andere der Sonne sich zukehrt, dann steht die Sonne senkrecht über dem Aequator; ist dagegen der Winkel der Sonnenstrahlen mit der Erdaxe möglichst spitz nach Norden zu, (d. h. 66½ Grad), so steht die Sonne über dem nördlichen, ist er möglichst spitz (d. h. 66½ Grad) nach Süden, so steht sie über dem südlichen Wendekreis senkrecht.

Die hohe Wahrscheinlichkeit auch einer fortschreitenden Bewegung des frei schwebenden und in Axendrehung begriffenen Erdkörpers hat sich uns bereits herausgestellt; allein eben so wahrscheinlich ist auch die fortschreitende Bewegung der Sonne, und wir werden weiterhin von dem Vorhandensein einer solchen uns überzeugen. Diejenige Bewegung aber, auf welcher der jährliche Kreislauf beruht, schreiben wir der Erde zu, weil ein Umlauf der Sonne um die Erde im höchsten Grad unwahrscheinlich ist. In der That, wie wir es als völlig ungereimt im alten Weltsystem gefunden haben, daß Weltkörper um stofflose Punkte und diese um Weltkörper sich bewegen sollten, weßhalb wir in der Sonne den Mittelpunkt der Planetenbewegung erkennen mußten: so muß es uns auch im höchsten Grade unwahr-

scheinlich sein, daß um die Erde ein dreizehnhunderttausendmal größerer Körper mit einem zahlreichen Gefolge von Trabanten sich bewegen sollte, von welchen mehrere wieder ihre Trabanten haben. Ja es muß uns als widersinnig auffallen, wenn mehrere erdähnliche Weltkörper, die Planeten, um die Sonne sich bewegten, einen Körper, der zu den übrigen in dem gemeinschaftlichen Gegensatz einer unvergleichbaren Größe, einer mächtigen Licht- und Wärme-Entwickelung steht, und wenn dann dieser wieder sammt den Planeten um einen Körper von der Art der letzteren umliefe. Wahrhaftig eine Verfassung, wie wenn etwa Hannover, Sachsen, Baiern u. s. w. Preußen unterthan wären, dieses aber mit allen jenen an Braunschweig Tribut bezahlte! Nein, die beiden Sätze „die Planeten sind Erden" und „die Erde ist ein Planet," fordern einander mit Entschiedenheit; bewegen sich die Planeten um die Sonne, so thut es auch die Erde als der dritte unter den Planeten.

Die einzige gewichtige Einwendung, welche gegen den Umlauf der Erde um die Sonne erhoben worden ist, war die, daß die Veränderung des Standpunkts um den Durchmesser der Erdbahn, d. h. um mehr als 41 Millionen Meilen, an den Fixsternen sich nicht bemerklich mache, daß der Umlauf der Erde sich nicht an scheinbaren jährlichen Bewegungen sämmtlicher Sterne abspiegle, oder wie man es ganz kurz auszudrücken pflegt, daß die Fixsterne keine Jahresparallaxe zeigen. Blicken wir nur auf die Erscheinung der täglichen Verspätung der Sonne gegen die Fixsterne zurück. Wir erklären dieß nunmehr so, daß die Sonne nach einer vollbrachten Axendrehung der Erde deßwegen nicht wieder im Meridian eines Erdorts stehen kann, weil die Erde in dieser Zeit ungefähr 300000 Meilen im Raume fortgerückt ist, weil folglich der Meridian jenes Erdorts noch etwas weiter sich drehen muß, um wieder durch die Sonne zu gehen. Alle Sterne kehren dagegen Jahr aus Jahr ein genau nach derselben Zeit zum Meridian zurück, weßhalb wir eben im Sterntag das genaue Maß der Drehungszeit fanden, gerade so wie wenn die Erde an ihrer Stelle bliebe. Jene Hunderttausende von Meilen, ja jene 41 Millionen müßten also fast so gut wie nichts

sein gegen die Entfernung der Fixsterne, wenn die Erde um die Sonne sich bewegt, und was wir im ersten Abschnitt von dem Erdball aussagen mußten, müßten wir jetzt sogar von dem im Durchmesser 24000mal größeren Raum der Erdbahn behaupten, daß auch dieser gegen die Entfernungen der Sterne wenigstens sehr nahezu zum Punkt zusammenschrumpfe. Wir lassen uns durch den Gedanken dieser ungeheuren Entfernungen so wenig als Kopernikus einschüchtern, vielmehr sehen wir hierin nur eine weitere Belehrung über das Weltall, welche die Einsicht in den Umlauf der Erde um die Sonne mit sich bringt, indem diese uns nöthigt, „unsern Maßstab für die Entfernungen der Sterne ums Myriadenfache zu vergrößern." Es ist in der That so, daß die Linien, welche von den Standpunkten der Erde im Januar und im Juli auch an den nächsten Fixstern gezogen werden, einen Winkel mit einander einschließen von einer Kleinheit, welche der unmittelbaren Messung auch heutzutage noch unzugänglich ist, dergestalt, daß auch der nächste Fixstern über 200000 Erdbahndurchmesser von der Erde entfernt sein muß. Wir können dieß heutzutage um so zuversichtlicher behaupten, als endlich in neuester Zeit durch künstliche Mittel wirklich einige Fixsternparallaxen ermittelt worden sind, welche jene Ansicht von den Entfernungen so wie den Umlauf der Erde um die Sonne thatsächlich bestätigen, nachdem man schon früher im vergeblichen Suchen der Jahresparallaxe anderweitige Erscheinungen kennen gelernt hatte, in denen sich die jährliche Bewegung der Erde gleichsam am Himmel abzeichnet. Wir behalten aber das Nähere hierüber d. h. über die Aberration der Fixsterne, sowie über die nunmehr gemessenen Sternweiten der Naturgeschichte des Himmels vor.

Durch die Stellung der Erdaxe gegen die Ebene ihrer Bahn um die Sonne sind zwei bedeutsame Parallelkreise zu beiden Seiten des Aequators festgesetzt, über welchen die Sonne bei ihrem nördlichsten und südlichsten Stande senkrecht steht, die Wendekreise in der geographischen Breite von 23½ Grad. Deßgleichen werden zwei andere Parallelkreise bedeutsam, diejenigen nämlich, welche eben so weit von den beiden

Polen abstehen, mithin 66½ Grad zur geographischen Breite haben, die beiden Polarkreise. Durch diese Kreise zerfällt jede der beiden Halbkugeln, die nördliche wie die südliche, in drei Zonen, welche sich im Sonnenstand, d. h. in der Schiefheit der Sonnenstrahlen und in der Dauer des Tags, sowie in den davon abhängigen Erwärmungs- und Beleuchtungsverhältnissen kennzeichnend von einander unterscheiden, die Tropenzone, die Mittelzone und die Polarzone, so daß die Tropenzonen der beiden Halbkugeln im Aequator zusammengränzen. Man kann ihre bezeichnenden Unterschiede kurz so aussprechen, daß zeitweise die Sonne in der Tropenzone ein Scheitelgestirn, in der Polarzone ein Circumpolargestirn wird, in der Mittelzone aber keines von beiden stattfindet. In jedem Ort der Tropenzonen nämlich findet zweimal im Jahre senkrechter Mittagsstand der Sonne statt; die beiden senkrechten Stände liegen am Aequator selbst ein halbes Jahr auseinander, in den übrigen Orten fallen beide ins Sommerhalbjahr gleich lange vor und nach der Sonnenwende, durch einen längeren oder kürzeren Zeitraum von einander getrennt, je nachdem sich der Ort dem Aequator näher oder entfernter befindet, bis an den Wendekreisen selbst beide Scheitelstände so zu sagen in einen einzigen um die Zeit der Sonnenwende zusammenfallen. In der Zwischenzeit zwischen den beiden Scheitelständen vor und nach der Sonnenwende steht die Sonne für den Tropenort dem Pol zu, so daß z. B. ein Tropenort der nördlichen Halbkugel seinen Mittagsschatten nach Süden wirft, während im übrigen Theil des Jahrs der Nordschatten herrscht, wie in Deutschland immer. In jedem Ort der Polarzonen dagegen gibt es zwei entgegengesetzte Zeiträume im Jahr um die beiden Sonnenwenden, dergestalt, daß die Sonne in dem einen, um die Sommersonnenwende, die Rolle eines stets sichtbaren, in dem andern, um die Wintersonnenwende, eben so lang die Rolle eines stets unsichtbaren Circumpolarsterns spielt, d. h. in jenem mehr als 24 Stunden über, in diesem eben so lang unter dem Horizont bleibt, und daß so der Tag- und Nachtwechsel eine Zeit lang aufgehoben ist. In den Zwischenzeiten dagegen, also vor und nach der allgemeinen Tag- und Nacht-

gleiche, an der auch die Polarorte theilnehmen, geht die Sonne wie bei uns alle 24 Stunden auf und unter, und jene beiden Zeiträume, deren Mitte stets die Sonnenwenden bezeichnen, dauern um so länger, je näher der Ort dem Pol sich befindet, bis an diesem die Zwischenzeiten des Auf- und Untergangs verschwinden, so daß die Sonne in der einen Hälfte des Jahrs, wo sie nördlich vom Aequator steht, stets über, in der andern, wo sie südlich vom Aequator steht, stets unter dem Horizont des Nordpols verweilt, an den Tagen der Nachtgleichen selbst aber ebenfalls 12 Stunden oben, 12 Stunden unten sich befindet. Freilich ist bei dieser Darstellung der Polarhergänge keine Rücksicht auf die Umstände genommen, welche, wie vor allem die atmosphärische Strahlenbrechung, eine bedeutende Verlängerung des Tages bewirken; wir werden übrigens erst in der Lehre von der Atmosphäre auf diese Einflüsse, sowie auf die Erleuchtung und Erwärmung der Erde durch die Sonne weiter zu sprechen kommen. Man kann auch sagen, daß die Sonnenkulmination zeitweise in der Tropenzone jenseits des Zeniths, in der Polarzone aber unterhalb des Horizonts stattfinde. Endlich kann man über den Wechsel der Tagesdauer den allgemeinen Satz aussprechen, daß der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tag mit wachsender Breite bis zu den Polarkreisen stetig zunimmt, so daß derselbe am Aequator null ist und von da bis zu den Polarkreisen weniger als 24 Stunden beträgt, daß alsdann hier die Stetigkeit aufhört, indem der längste Tag plötzlich mehr als 24 Stunden (bis zu einem halben Jahr an den Polen) betragen würde, so daß in der Polarzone eigentlich nicht von einem längsten und kürzesten Tag die Rede sein kann.

So beruht also der Jahreszeitenwechsel an jedem einzelnen Ort der Erde sowie die Verschiedenheit im Sonnenstand nach der geographischen Breite auf der Neigung der Erdaxe gegen die Erdbahn (auf der Schiefe der Ekliptik), und zwar gerade auf diesem Betrag von 23½ Grad, oder von nahezu dem vierten Theil von 90 Grad. Es ist leicht abzusehen, was für Verhältnisse sich bei anderen Schiefen ergeben würden. Bei einer kleineren Schiefe werden Tropen- und Polarzonen schmäler,

die Mittelzonen aber breiter, die jährlichen Unterschiede im Sonnenstand endlich an jedem einzelnen Erdort kleiner; und gehen wir zum Aeußersten fort, d. h. zum Verschwinden der Schiefe, so daß die Erdaxe mit der Erdbahn einen rechten Winkel macht, so schrumpft die Tropenzone zum Aequator zusammen mit stets senkrechtem Sonnenstand, die Polarzone auf die Pole, welche beide die Sonne stets im Horizont hätten, die ganze übrige Erde wäre Mittelzone und der Jahreszeitenwechsel wäre nirgends vorhanden. Bei einer größeren Schiefe dagegen werden die Tropen- und die Polarzonen breiter, die Mittelzonen schmäler, die Unterschiede der Jahreszeiten in jeder einzelnen Breite größer, dergestalt daß bei einem Betrag von 45 Grad die Mittelzone verschwände und die Polarzone mit der Tropenzone unmittelbar zusammengränzte. Bei einer noch größeren Schiefe würden die beiden Zonen übergreifen, so daß es wieder eine mittlere Zone gäbe, welche in der einen Hälfte des Jahrs die Rolle der Tropenzone, in der anderen die der Polarzone spielte, während unsere Mittelzone die Eigenschaft hat, daß ihr die Eigenthümlichkeiten der einen wie der anderen beständig abgehen. Wäre insbesondere die Schiefe gerade um 23½ Grad stärker, als 45°, so hätte jene Mittelzone des Uebergreifens dieselbe Breite, wie unsere wirkliche Mittelzone; und gehen wir auch hier zum Aeußersten fort, d. h. zu einer Schiefe von 90 Grad, so daß die Erdaxe in der Erdbahn läge, so wäre die ganze Erde in der einen Jahreshälfte Tropenzone, in der andern Hälfte Polarzone, d. h. jedem einzelnen Erdort kämen die Eigenthümlichkeiten beider Zonen zugleich zu. Hieraus ist zugleich zu ermessen, was für Veränderungen auf der Erde sich ergeben, wenn die Schiefe der Ekliptik sich ändert. Dieß ist auch in der That der Fall, aber ohne je an jene Aeußersten zu gelangen, was wir im nächsten Abschnitt zugleich mit der Ursache erfahren werden.

Wir haben bereits gesehen, daß die Bewegung der Erde um die Sonne nicht gleichförmig ist, wie ihre Axendrehung; unser Sommerhalbjahr (d. h. die Zeit von Frühlings Anfang bis Herbstes Anfang) dauert länger als das Winterhalbjahr (d. h. die Zeit von Herbstes Anfang bis Frühlings Anfang),

weil die Erde in jenem langsamer sich bewegt, als in diesem. Die Sonnentage können daher auch nicht gleich lange dauern; sie sind länger, wenn die Erde schneller sich bewegt, also im Winter, kürzer, wenn die Erde langsamer sich bewegt, also im Sommer. Dieß folgt in der That unmittelbar aus der obigen Erklärung darüber, daß der Sonnentag länger dauert als der Sterntag oder die Axendrehung der Erde. Wir haben gesehen, daß wegen des Fortrückens der Erde der Meridian eines Orts sich noch etwas über eine volle Umdrehung fortdrehen muß, um wieder durch die Sonne zu gehen; die hiezu erforderliche Zeit muß also größer sein, wenn das tägliche Fortrücken der Erde größer ist, d. h. wenn sie ihre größere Geschwindigkeit hat, kleiner dagegen im entgegengesetzten Fall. Deßhalb sind Wintertage und Winterstunden länger als Sommertage und Sommerstunden; der wahre Sonnentag und die wahre Sonnenstunde (sein 24ster Theil) haben überhaupt eine veränderliche Größe im Jahreslauf, wozu auch noch der Umstand etwas beiträgt, daß die beiden Bewegungen der Erde nicht genau einerlei Richtung haben, sondern gemäß der Schiefe der Ekliptik von einander etwas divergiren, und zwar am stärksten zur Zeit der Nachtgleichen, am wenigsten zur Zeit der Sonnenwenden). Diese **Ungleichheiten in der wahren Sonnenzeit** gleichen sich aber jährlich aus, so daß 365 gleich lang dauernde Tage zusammen den 365 wahren Sonnentagen von wechselnder Dauer genau gleich sind, und man kann beifügen, daß die **Ausgleichung** sogar **zweimal jährlich** stattfinden muß, indem die Zeiten von einer Sonnenwende zur andern gleich lang dauern, oder Sommer und Herbst zusammen so lang als Winter und Frühling zusammen (wenigstens nach dem gegenwärtigen Stand der Dinge).

Darauf beruht die Erfindung der sogenannten **mittleren Sonnenzeit** zum Behuf der Zeitmessung. Man theilt das Jahr in 365 Tage von gleicher Dauer und legt diesen mittleren Sonnentag bei der Reglung der Uhren, sowie bei allen Zeitangaben zu Grund. Die nach mittlerer Zeit geregelte Uhr wird daher der wahren Sonnenuhr bald vor-, bald nachgehen, aber stets wieder mit derselben zusammentreffen. Daher rührt denn

der jedem Kalenderleser auffallende Umstand, daß, gemäß den (nach mittlerer Zeit gemachten) Angaben über Aufgang und Untergang der Sonne, die Vormittage und Nachmittage nur zuweilen gleich lang dauern, meistens aber der eine oder der andere dieser beiden Zeiträume größer ist, ein Unterschied, der bis zu einer halben Stunde betragen kann. Ist nämlich die mittlere Zeit der wahren Zeit voran, so ist im Augenblick unsres Mittags die Kulmination der Sonne noch Zukunft, der Nachmittag muß also länger dauern, als der Vormittag, und umgekehrt. Das Zusammentreffen der wahren und mittleren Zeit findet viermal im Jahre statt (nämlich nach dem gegenwärtigen Stand der Dinge Mitte Aprils, Mitte Junis, Anfangs Septembers, eine Woche vor Ende Decembers). Und in der That, es muß einmal um die beiden Zeitpunkte stattfinden, wenn die Erde mit ihrer mittleren Geschwindigkeit selbst sich bewegt, was bei dem allmäligen Uebergang von der größten zur kleinsten Geschwindigkeit, und umgekehrt, sich ereignen muß, also ungefähr um die Mitte zwischen den Zeitpunkten des Größten und Kleinsten, welche gegenwärtig bald nach den Sonnenwenden eintreten (die größte nach der Winter-, die kleinste nach der Sommer-Sonnenwende). Alsdann muß es stattfinden um die Zeitpunkte der zweimaligen jährlichen Ausgleichung der ungleichförmigen Bewegung, und diese sind eben diejenigen, wo sich die Erde am schnellsten und am langsamsten bewegt, was eine Folge von dem Gesetz dieser Bewegung selbst ist.

Was ist denn nun die Regel in der Unregelmäßigkeit, welche die Bewegung der Erde um die Sonne darbietet? Kepler antwortet auf diese Frage mit den Gesetzen, die seinen Namen tragen, den allgemeinen Gesetzen der Planetenbewegung. Das erste dieser Keplerschen Gesetze betrifft die Gestalt der Planetenbahnen und insbesondere der Erdbahn, von der wir bis jetzt nur wissen, daß sie in einer Ebene sich befindet, deren Lage wenigstens beträchtliche Zeiträume hindurch merklich sich gleich bleibt. Es ändert sich nämlich bei dem Umlauf der Erde um die Sonne nicht blos die Geschwindigkeit derselben, sondern auch ihre Entfernung von der Sonne. Dieß erkennt

man heutzutage mittelst Messungen durch's Fernrohr ganz einfach daran, daß die Sonnenscheibe nicht stets gleich groß erscheint, sondern im Verlauf des Jahres allmählig von einem Größten zum Kleinsten und von diesem zu jenem zurück sich ändert. Wäre also auch die Erdbahn ein Kreis, so könnte die Sonne jedenfalls nicht im Mittelpunkt dieses Kreises stehen, allein sie ist kein Kreis, sondern (wie auch alle anderen Bahnen um die Sonne) eben jenes Oval, die Ellipse, das uns schon bei der Gestalt des Erdkörpers begegnet ist. Es ist hier der Ort, ein Näheres von dieser Kurve anzugeben. Wenn man zwei Stifte auf einer Zeichentafel befestigt, eine lose um dieselben gelegte geschlossene Schnur mit einem Bleistift spannt und dieses an der stets gespannten Schnur auf der Zeichentafel herumführt, so beschreibt dasselbe eine Ellipse. Die beiden Punkte, in denen die Stifte stehen heißen die Brennpunkte der Ellipse, und der durch dieselben gehende Durchmesser ist der größte, welcher in der Ellipse gezogen werden kann, ihre große Axe, welche die Figur in zwei vollkommen gleiche Theile theilt; in der Mitte zwischen den beiden Brennpunkten liegt der Mittelpunkt der Ellipse, in welchem alle Durchmesser sich halbiren, und je kleiner der Abstand des Brennpunkts im Verhältniß zu der großen Axe ist, desto weniger weicht die Ellipse vom Kreis ab (desto kleiner ist ihre Excentricität); die Punkte endlich, in welchen die große Axe die Ellipse trifft, ihre (spitzen) Scheitel oder Apsiden, haben die Eigenschaft, daß in ihnen die Kurve die stärkste Krümmung hat und die Axe rechtwinklig schneidet, welche ebendaher auch Apsidenlinie heißt. Die Brennpunkte haben ihren Namen von der Rolle, welche sie bei Strahlungen spielen; bringt man nämlich in den einen Brennpunkt eines ellipsoidischen Spiegels Feuer, in den andern einen brennbaren Stoff, so entzündet sich derselbe auf eine Entfernung, in welcher sonst die Wärmestrahlung keine Entzündung hervorbringen könnte; ebenso hört man in einem großen ellipsoidischen Gewölbe am einen Brennpunkt leises Sprechen, welches am anderen in bedeutender Entfernung stattfindet. Weiteres hierüber gehört natürlich nicht hieher; das Angeführte aber mag hinreichen, um das

erste von Keplers Gesetzen zu verstehen, wenn dasselbe ausspricht, daß die Planetenbahnen Ellipsen seien, in deren einem (diesen verschiedenen Ellipsen gemeinschaftlichen) Brennpunkt die Sonne sich befindet.

Kennen wir so die Gestalt der Erdbahn, so belehrt uns das zweite der Keplerschen Gesetze über die Aenderung der Geschwindigkeit und ihre halbjährliche Ausgleichung, wovon uns das Thatsächliche bereits bekannt ist. Die Hauptsache hiebei ist nämlich nun, daß die größte Geschwindigkeit bei der kleinsten Entfernung (in der Sonnennähe), und die kleinste Geschwindigkeit bei der größten Entfernung (in der Sonnenferne) stattfindet, daß überhaupt die Geschwindigkeit mit zunehmender Entfernung abnimmt und umgekehrt. Je größer also die Entfernung der Erde von der Sonne ist, desto kleiner ist das Stück der Bahn, welches sie in einer gewissen Zeit (z. B. in einem Tag) durchläuft, je kleiner dagegen die Entfernung, ein desto größeres Stück der Bahn wird in derselben Zeit durchlaufen. Dieß gleicht sich nun dahin aus, daß die dreieckigen Flächenräume, welche von gleichzeitig durchlaufenen Stücken der Bahn und von den Abständen begränzt werden, gleich sind; sie sind in der That nach dem Bemerkten um so schmäler, je länger, und um so breiter, je kürzer sie sind; daß ihre Flächen auf diese Weise genau ausgeglichen werden, darin besteht eben das zweite Keplerische Gesetz oder der Satz, daß die Flächen, welche der Abstand von der Sonne bei dem Umlauf des Planeten beschreibt, sich einfach verhalten, wie die dazu verwendeten Zeiten.

Daß aber die Geschwindigkeiten der Planeten um so größer sind, je kleiner die Entfernungen von der Sonne, dieß läßt auch vermuthen, daß die entfernteren Planeten durchschnittlich sich langsamer bewegen müssen als die näheren, daß sie also nicht blos in dem Verhältniß längere Zeiten zu ihren Umläufen brauchen, als die zu durchlaufenden Bahnen größer sind, sondern daß die Umlaufzeiten in einem stärkeren Verhältniß zunehmen als die Umfänge der Bahnen. Jupiter z. B. ist durchschnittlich ungefähr fünfmal weiter von der Sonne entfernt als die

Erde, er braucht aber nicht die fünffache Zeit, sondern gegen 12 Jahre zu seinem Umlauf. Das genaue Verhältniß spricht das dritte Keplersche Gesetz aus, wenn es behauptet, daß die Quatratzahlen der Umlaufzeiten sich verhalten wie die Kubikzahlen der mittleren Abstände von der Sonne (oder der halben großen Axen.) Hierin liegt eine merkwürdige Beziehung zwischen den verschiedenen Planetenbahnen des Sonnensystems; auf ihre Verschiedenheiten in den elliptischen Verhältnissen kommen wir im zweiten Buche zu sprechen; hier kehren wir zu der Erdbahn zurück.

Die Ellipse, welche die Erde um die Sonne beschreibt, weicht nicht bedeutend vom Kreis ab; der Abstand der Sonne vom Mittelpunkt der Ellipse beträgt nur 16 Tausendtheile von der halben großen Axe oder von der mittleren Entfernung, mithin etwas über 300000 Meilen, und folglich befindet sich die Erde der Sonne in der Sonnennähe um etwas über 600000 Meilen näher, als in der Sonnenferne, während die mittlere Entfernung 20½ Millionen Meilen beträgt. Die große Axe oder die Apsidenlinie der Erdbahn liegt (gegenwärtig) so im Raum, daß die Sonnennähe am 1. Januar, also kurz nach unserer Wintersonnenwende, die Sonnenferne am 2. Juli, oder kurz nach unserer Sommersonnenwende stattfindet, zugleich also beziehungsweise die größte und die kleinste Geschwindigkeit, wovon oben schon wegen der mittleren Zeit die Rede war. Die Zwischenzeit zwischen den Apsidenständen aber dauert, gemäß dem zweiten Keplerschen Gesetz, genau ein halbes Jahr, und deßhalb muß die ungleichförmige Bewegung sich zweimal jährlich ausgleichen oder mit der gleichförmigen zusammentreffen, nämlich eben um die Zeiten der Apsiden. Die beiden Zeitpunkte aber, wo die Erde (vorübergehend versteht sich) ihre mittlere Geschwindigkeit annimmt, fallen keineswegs genau, aber ziemlich nahe mit den Zeitpunkten der mittleren Entfernung zusammen, und diese finden (gegenwärtig) kurz nach den Nachtgleichen, nämlich am 1. April und 2. Oktober statt, wo die Erde an den Endpunkten des kleinsten Durchmessers ihrer Bahn (der kleinen Axe) oder in den

flachen Scheiteln der Ellipse sich befindet und parallel der Apsidenlinie sich bewegt (rechtwinklig zu derselben dagegen an den Apsiden oder an den spitzen Scheiteln).

Daß die Erde in ihrer Sonnenferne um 600000 Meilen oder um den 30. Theil der mittleren Entfernung weiter von der Sonne absteht als in der Sonnennähe, hat die Folge, daß sie dann ungefähr um den fünfzehnten Theil weniger Wärme erhält als zur Zeit der kleinsten Entfernung. Dieß muß allerdings von Einfluß auf die Erwärmungsverhältnisse der Erde sein, allein es ist für die einzelnen Erdorte ein sehr untergeordneter Umstand, wie schon daraus hervorgeht, daß um diese Zeit (2. Juli) die nördliche Halbkugel Sommer, die südliche Winter hat, um die Zeit der Sonnennähe aber (1. Januar) wir unseren Winter und unsere Gegenwohner ihren Sommer haben; die größere oder kleinere Schiefe der Sonnenstrahlen ist weit das überwiegende und maßgebende Merkmal für ihre erwärmende Kraft. Die gegenwärtige Lage der Apsidenlinie aber hat eine merkwürdige Folge für die beiden Halbkugeln der Erde. Die nördliche nämlich hat die Sonne im Winter näher als im Sommer, was ohne Zweifel eine Erhöhung der Winter- und eine Erniedrigung der Sommer-Temperatur (unter sonst gleichen Umständen) zur Folge hat, zugleich (wegen des Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit und der Entfernung) dauert unser Sommerhalbjahr um eine Woche länger, als das Winterhalbjahr. Die südliche Halbkugel aber, welche stets die entgegengesetzten Jahreszeiten hat von denen, die auf der nördlichen stattfinden, hat einen (um 8 Tage) kürzeren, aber (unter sonst gleichen Umständen) etwas wärmeren Sommer und einen längeren und zugleich strengeren Winter, während die nördliche einen längeren aber kühleren Sommer und einen kürzeren und zugleich milderen Winter hat. Alle diese Vergleichungen haben aber nur den Sinn, daß der Winter etwas milder oder etwas strenger sei u. s. w., als er unter sonst gleichen Umständen wäre, wenn eben nur die Lage der Apsidenlinie eine andere wäre.

Alles dieß gilt aber nur für ein paar Jahrhunderte vor und nach der jetzigen Zeit. Denn wie wir schon bei der Lage

der Erdbahn bemerken mußten, daß sie und damit die Schiefe der Ekliptik nicht unveränderlich sich gleich bleibt, so gilt dasselbe auch von der Lage der Apsidenlinie und selbst vom Betrag der Excentricität, die Aenderung geht aber ebenfalls sehr langsam von Statten, wogegen die Umlaufszeit und folglich (nach dem dritten Kepler'schen Gesetz) die mittlere Entfernung (die Länge der großen Axe) sich vollkommen gleich bleibt, wie der Zeitraum der Axendrehung. Das Nähere über diese Veränderungen der elliptischen Elemente sowie über die Folgen davon für die Erde wird sich im nächsten Abschnitt zugleich mit den Ursachen herausstellen.

Was aber erhält die Erde in dieser Bahn um die Sonne, dergestalt, daß sie sich nicht nur von derselben nicht verliert, sondern daß vielmehr unbedeutende Aenderungen erst nach sehr langen Zeiten merklich werden, während die wesentlichen Verhältnisse stets dieselben bleiben? Bedenken wir, daß die Geschwindigkeit der Erde mit wachsender Entfernung abnimmt, mit abnehmender Entfernung von der Sonne aber zunimmt, so werden wir keinen Augenblick anstehen, die Ursache einer anziehenden Kraft der Sonne zuzuschreiben, deren Stärke mit der Entfernung abnimmt. Auch ergibt sich aus den Gesetzen der Planetenbewegung durch strenge mathematische Schlüsse, daß die bewegende Kraft derselben nicht nur stets nach der Sonne hingerichtet ist, sondern auch daß ihre Stärke sich umgekehrt verhält, wie das Quadrat der jedesmaligen Entfernung des Planeten von der Sonne, ein Gesetz, welches wir nach früheren Betrachtungen geneigt sein müssen, jeder anziehenden Kraft zuzuschreiben, ohne damit noch über das eigentliche Wesen dieser Kraft etwas näheres auszusagen. Wer sich ferner der Lehre vom Wurf aus dem ersten Abschnitt erinnert, der wird sich bereits von der Mechanik der Centralbewegung einen näheren Begriff zu bilden im Stande sein, um nämlich einzusehen, in wiefern eine solche anziehende Kraft eine Umlaufsbewegung hervorzubringen vermöge. Er wird einsehen, daß eine solche entstehen mußte, wofern die Erde nicht etwa vom Zustand der Ruhe aus in den Bereich der Anziehung gelangt ist — denn dann würde sie in gerader Linie

auf die Sonne zustürzen, — wofern sie vielmehr zu irgend einer Zeit auf irgend eine Weise einen Antrieb zur Bewegung erhalten hat in einer andern Richtung als zur Sonne hin, einen ursprünglichen Seitenanstoß, wie wir der Kürze wegen sagen wollen, ohne aber damit sagen zu wollen, daß es hiebei genau so wie bei einem Wurf zugegangen sein sollte. Vielmehr müssen wir uns bei der Frage nach der Ursache jenes ursprünglichen Seitenanstoßes verhalten wie im zweiten Abschnitt bei der Frage nach der ursprünglichen Entstehung der Axendrehung unseres Planeten, während wir in beiden Fällen die Erhaltung der einmal begonnenen Bewegung uns vollkommen klar machen können. Wir können blos sagen, daß der fragliche Antrieb ohne Zweifel mit der Entstehung der Erde, wie der Planeten überhaupt, zusammenhängen muß, und andeuten, daß die allgemeine westöstliche Richtung der Umläufe vielleicht in einer ursprünglichen Axendrehung ihre Ursache hat, welche der Materie des Sonnensystems zukam, als dieselbe noch vor der Ballung in einzelne Massen in einem chaotischen Urzustand begriffen war, ein Gedanke, den wir im zweiten Buche weiter auszuführen haben.

Kehren wir zu dem Spiel der Centralbewegung zurück. Um die Erhaltung des Umlaufs der Erde um die Sonne zu begreifen, reicht es hin uns vorzustellen, daß die Erde in der That zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort des Raums eine bestimmte Geschwindigkeit bereits hat, nämlich in der Richtung der Tangente an die bisherige Bahn, und daß diese Tangentialgeschwindigkeit (das Ergebniß der bisherigen Bewegung) eben der Seitenanstoß ist für die ganze folgende Bewegung von jenem Augenblick an. Alsdann erhellt, wie sie in ihrer Bewegung um die Sonne dadurch erhalten wird, daß sie beständig mit einer nach Maßgabe der Entfernung stärkeren oder schwächeren Kraft von der Tangente ab zur Sonne hin gezogen wird, und zwar dergestalt, daß die Ablenkung von der Tangente in jedem Augenblicke sich umgekehrt verhält, wie das Quadrat der jedesmaligen Entfernung von der Sonne; hierin besteht das Neutonische Gesetz von der Centralbewegung der Planeten. Denken wir uns nämlich nun das Verhältniß zur

Sonne aufgelöst oder die Centralkraft aufgehoben, so wird die Erde von diesem Zeitpunkt an mit der Geschwindigkeit und in der Richtung, die sie eben hatte, geradlinig und gleichförmig sich fortbewegen zufolge der Trägheit, die in unserem Begriff von der Materie liegt; denken wir uns aber die Erde in Ruhe versetzt oder die Tangentialgeschwindigkeit aufgehoben, so wird sie in gerader Linie mit stets wachsender Geschwindigkeit auf die Sonne zustürzen. Haben wir aber in jedem Augenblick beides, die Tangentialgeschwindigkeit, welche die Erde von der geradlinigen Annäherung zur Sonne, und die Centralkraft, die sie von der geradlinigen Entweichung abzieht, so muß sie nothwendig die Sonne in krummliniger Bahn umwandeln. Nach diesen Erläuterungen wird wohl Niemand mehr fragen, warum die Erde in der Sonnennähe oder Sonnenferne nicht stehen bleibe; wohl aber müssen wir noch die Frage berücksichtigen, wie es komme, daß die Erde in der Sonnennähe, wo doch die Centralkraft am stärksten wirken soll, sich wieder von der Sonne zu entfernen, in der Sonnenferne dagegen, wo die schwächste Anziehung stattfinden soll, der Sonne sich wieder zu nähern beginnt? Die allgemeine Antwort ist, daß bei der Planetenbewegung abwechselnd die Centralkraft oder die Tangentialgeschwindigkeit das Uebergewicht hat, im ersten Fall muß Annäherung, im letzteren Entfernung stattfinden. Wir müssen aber auf diesen Gegenstand noch näher eingehen.

Wer jene Frage aufwirft, erwartet, daß die Erde von der Sonnennähe aus sich nicht wieder entfernen, vielmehr sofort ihren kürzesten Abstand beibehalten oder gar denselben noch mehr verringern sollte, um sich der Sonne spiralförmig zu nähern; worauf wir entgegnen, daß ihre Geschwindigkeit in der Sonnennähe ebenfalls am größten ist, wie die Anziehung, und in der That zu groß, als daß sofort ein Kreis beschrieben werden könnte, um so mehr also zu groß für eine spiralförmige (oder gar geradlinige) Annäherung, zudem daß im letzteren Fall von gar keiner Sonnennähe die Rede sein könnte. Wer ebenso erwartet, daß die Erde von der Sonnenferne aus sich nicht wieder nähere, vielmehr ihren größten Abstand beibehalten

oder gar denselben noch vergrößern sollte, um sich spiralförmig zu entfernen: dem erwiedern wir, daß die Tangentialgeschwindigkeit in der Sonnenferne ebenfalls ein Kleinstes ist, wie die Centralkraft, und in der That zu klein, als daß ein Kreis beschrieben oder die größte Entfernung beibehalten, geschweige also noch vergrößert werden sollte. Zudem könnte im letzteren Falle wieder von keiner Sonnenferne mehr die Rede sein, sowie auch, wenn man an eine mehr und mehr geradlinige (anstatt spiralförmige) Entfernung von der Sonne denkt. Das Letztere aber ist allerdings ein möglicher Fall von Centralbewegung nach dem Neutonischen Gesetz, wie wir gleich sehen werden, bei welchem dann kein wiederholter Umlauf stattfindet und welcher bei keinem Planeten vorkommt. Ueberhaupt sind Sonnennähe und Sonnenferne nicht im Voraus feste Punkte, sondern werden allererst durch das ursprüngliche Verhältniß zwischen der Entfernung (wornach die Anziehung sich richtet) und dem Seitenanstoß festgesetzt. Es muß eben nicht nothwendig eine Bahn mit Sonnennähe und Sonnenferne entstehen, d. h. eine Ellipse, sondern je nach dem ursprünglichen Verhältniß von Geschwindigkeit und Entfernung kann auch eine Bahn ohne jene beiden Punkte, d. h. ein Kreis, oder endlich eine Bahn mit Sonnennähe aber ohne Sonnenferne, eine Parabel oder Hyperbel entstehen, deren in's Endlose fortlaufenden Zweige mehr und mehr die Form einer geraden Linie annehmen, welche bei der Parabel der Apsidenlinie parallel ist, bei einer Hyperbel aber unter irgend einem Winkel von derselben divergirt.

Nun begreift man aber, daß ein Kreis, wo Entfernung, Centralkraft und Geschwindigkeit sich gleich bleiben, nur in einem ganz bestimmten Fall entstehen kann, nämlich, wenn der anfängliche Seitenanstoß rechtwinklig zu dem Abstand von dem Centralkörper ist und zu demselben ein bestimmtes Größenverhältniß hat, so daß die von diesem Abstand abhängige Centralkraft ganz zur Krümmung der Bahn verwendet wird, ohne zugleich die Geschwindigkeit zu ändern, und in diesen ganz bestimmten Bedingungen liegt wohl auch der Grund, warum wir im Sonnensystem keine Kreisbahn antreffen. Denn sowie jenes bestimmte

ausgleichende Verhältniß sammt der erforderlichen Anfangsrichtung nicht genau eingehalten ist, so muß sich die Entfernung, mit ihr die Centralkraft und folglich auch die Geschwindigkeit ändern, und es ergibt sich, wofern das Mißverhältniß eine gewisse Gränze nicht übersteigt, das Spiel abwechselnder Annäherung und Entfernung, abwechselnden Ueberwiegens der Centralkraft und der Tangentialgeschwindigkeit, worin das Wesen der elliptischen Bewegung besteht, sofern zwar beide mit einander zu- und abnehmen, aber nicht in demselben Verhältniß. Bei der Annäherung des Planeten bekommt die wachsende Geschwindigkeit das Uebergewicht. Der Planet stürzt rechtwinklig zum Abstand an der Sonne vorbei (Sonnennähe), und entfernt sich vermöge des überwiegenden Schwungs; hiebei nimmt die Geschwindigkeit ab, die Centralkraft gewinnt allmälig das Uebergewicht und krümmt die Bahn des Planeten herum, bis er genöthigt ist, abermals rechtwinklig zum Abstand vorüberzugehen (Sonenferne), um sich wieder zu nähern. Beide Hauptpunkte (die Apsiden), die sonach durch das ursprüngliche Verhältniß zwischen Centralkraft und Tangentialgeschwindigkeit festgesetzt werden, liegen stets mit den beiden Brennpunkten und dem Mittelpunkt der Kurve in einer nämlichen Geraden, der elliptischen Apsidenlinie. Je geringer nun jenes ursprüngliche Mißverhältniß ist, desto weniger wird die (Planeten-) Ellipse vom Kreis abweichen, wie wir dieß bei der Erde wahrgenommen haben; je größer aber der anfängliche Seitenanstoß ist im Vergleich mit der Entfernung, desto größer wird der Schwung in der Sonnennähe ausfallen, desto weiter wird sich der Komet entfernen, bis die Centralkraft seine Bahn zu einer Sonnenferne herumkrümmt, desto langgestreckter wird mithin diese (Kometen-) Ellipse werden. Hiebei gibt es aber eine Gränze, bei welcher der Körper mit solcher Geschwindigkeit dem Einfluß der Centralkraft sich entziehen würde, daß jene Herumbiegung der Bahn und somit die Rückkehr des Körpers nicht mehr möglich wäre, und die Bewegung mehr und mehr in eine gleichförmige, geradlinige überginge, parallel der Apsidenlinie. Wenn aber wiederum diese parabolische Bewegung mit dieser bestimmten Endrichtung nur bei

einem ganz bestimmten Verhältniß zwischen Anstoß und Entfernung stattfinden kann, so ergibt sich bei allen anderen Verhältnissen, welche jene Gränze noch übersteigen, die hyperbolische Bewegung, die unter einem kleineren oder größeren Winkel von der Apsidenlinie divergirt.

Hiemit mag das Spiel der elliptischen Bewegung Jedermann klar sein, in welchem auch die Erde begriffen ist, und worauf die Erhaltung ihres so wichtigen Verhältnisses zur Sonne beruht, ihrer im Grundwesentlichen sich gleichbleibenden Erleuchtung und Erwärmung. Wir können nun zur letzten Frage dieses Abschnittes fortschreiten, welcher Natur jene anziehende Kraft der Sonne sei, welche die Erde, sowie alle Planeten in ihren Bahnen erhält. Nun haben wir bereits im ersten Abschnitt die Weltkörper als Sitze von Schwerkräften kennen gelernt, durch welche sie eben in ihrer Ganzheit erhalten werden, sofern dieselben nach Art der irdischen Schwere Alles, was zu jeglichem Weltkörper gehört, ohne Unterschied des Stoffs anziehen und festhalten. Wir haben überdieß die Einsicht gewonnen, daß der Wirkungskreis dieser Schwerkräfte weit über die Oberflächen hinaus sich erstrecken müssen, wobei sie an Stärke abnehmen und zwar in quadratischem Verhältniß; ja wir haben aus Gelegenheit der Wurfbewegung bemerken müssen, daß ein Körper, welcher von der Erde aus mit solcher Kraft in den Raum hinausgeschleudert würde, daß er den Boden nicht mehr erreichte, mondartig die Erde umkreisen müßte. Alle diese Betrachtungen müssen uns bereits geneigt machen, die Ursache der himmlischen Umlaufsbewegungen eben in jenen Schwerkräften zu suchen, vor allem den Umlauf des Monds um die Erde als Folge der irdischen Schwere zu betrachten. Das Letztere ist aber thatsächlich nachgewiesen worden durch Neuton; es ist dieß die große Entdeckung von der Einerleiheit der anziehenden Kräfte, welche bei den Umläufen der Weltkörper im Spiel sind, mit der Schwerkraft, die Entdeckung der allgemeinen Massenanziehung. Folgen wir Neutons Schlüssen in runden Zahlen. Da auch die Bewegung des Mondes um die Erde nach den Keplerschen Gesetzen vor sich geht,

so muß auch der Mond in jedem Augenblick von der Tangente seiner Bahn nach der Erde zu um eine Größe abgelenkt werden, welche sich umgekehrt verhält, wie die Quadratzahl von der jedesmaligen Entfernung. Ist also die Schwere die anziehende Kraft, welche diese Bewegung wirkt, so muß sie in der Entfernung des Mondes von der Erdmitte, welche durchschnittlich 60 Erdhalbmesser beträgt, 60 . 60 d. h. 3600 mal schwächer wirken als an der Erdfläche, mithin muß jene Ablenkung des Monds von der Tangente in einer Sekunde Zeit durchschnittlich 3600 mal kleiner sein als der Raum von 15 Pariserfuß, durch welchen die Körper an der Erdoberfläche in der ersten Sekunde ihres Falls von der Schwere getrieben werden. Da ferner die Fallräume sich verhalten wie die Quadratzahlen der Zeiten, so muß die Ablenkung des Mondes von der Tangente in einer Minute wieder 3600 mal größer sein, also gerade 15 Fuß betragen, in einer Stunde abermals 3600 mal größer, was bereits 54000 Fuß giebt als durchschnittlichen Betrag der stündlichen Ablenkung des Monds von der Tangente. Stimmt dieser Betrag nun mit der aus den Beobachtungen erschlossenen wirklichen Ablenkung des Monds überein, so kann kein Zweifel sein, daß die Schwere, d. h. dieselbe Kraft, vermöge deren die Körper zur Erdfläche fallen, es ist, welche den Mond beständig von der geraden Linie abzieht und seine Bahn zur Erde krümmt. So war es aber, und die w a h r e U r s a c h e des M o n d u m l a u f s war entdeckt.

Aus dieser Thatsache dürfen nun blos die gehörigen Folgerungen gezogen werden, um zu der Einsicht in die a l l g e m e i n e W e l t k r a f t zu gelangen, durch welche die frei im unendlichen Weltraum schwebenden Körper gleichsam an einander aufgehangen sind, welche den Bau des Weltalls im Ganzen wie den jedes Weltkörpers im Einzelnen zusammenhält. Die anziehende Kraft, welche den Mond an die Erde bindet, ist Schwere, Massenanziehung, d. h. Anziehung, welche die Materie als solche ausübt, ohne Unterschied des Stoffs, also wesentlich verschieden von magnetischer, elektrischer Anziehung, welche besonderen Stoffen oder der Materie in besonderen Zuständen zukommt und

stets Abstoßung zur Seite hat. Diese Massenanziehung oder die allgemeine Schwerkraft der Materie muß auch die Ursache sein, welche die Planeten in ihren Bahnen um die Sonne erhält, denn diese befolgen ja dieselben Gesetze, wie der Mond in seiner Bewegung um die Erde; die anziehende Kraft der Sonnenmasse muß aber viel größer sein, als die der Erde (nämlich bei einerlei Entfernung des anziehenden und angezogenen Körpers), weil in ihrer gegen anderthalbmillionenmal größeren Kugel weit mehr Masse angehäuft ist. Dieselbe Gravitation regiert in den Mondenwelten der großen Planeten, denn auch hier gehen die Bewegungen nach denselben Gesetzen vor sich. Die Gravitation der Massen muß aber ferner überall gegenseitig sein nach Maßgabe ihrer Größe, die Sonne gravitirt auch gegen die Planeten, diese unter einander und gegen ihre Monde, ja auch die Fixsterne hängen durch denselben Verband unter einander und mit der Sonne zusammen, jeder Weltkörper wird von jedem anderen angezogen und zieht jeden anderen an, und alle diese Anziehungen richten sich nach der Größe der Massen und der Entfernungen. Das ganze Wesen der Materie ist so sehr Gravitation, daß dieselbe ihr bis zu den kleinsten Theilen zukommt; jedes materielle Pünktchen ist für sich vereinzelt ein Träges, aber einem zweiten räumlich gegenübergestellt ein Wirkendes, anziehend und angezogen, jede Masse und jeder Massentheil gravitirt gegen jeden anderen. Daher nehmen im flüssigen Zustand, wo die Theilchen noch in Freiheit gegen einander sind, die einzelnen Massenanhäufungen im Großen wie im Kleinen Kugelgestalt an mit noch immer zunehmender Dichte der Schichten; nicht in den Mittelpunkten, sondern in allen Punkten der Weltkörper sitzt die Schwerkraft, sie ziehen aber vereint nach dem Mittelpunkt wegen der ebenmäßigen Lage desselben gegen die einzelnen Anziehungspunkte, daher, denn wo dieses Ebenmaß etwas gestört ist, wie in der nächsten Nähe großer vereinzelter Berge, eine kleine Ablenkung des Hängloths von der senkrechten Lage u. s. w.

Wir kommen hiemit auf die Wahrnehmungen über die irdische Schwere im ersten Abschnitt zurück; die weiteren Folgerungen

aber, insbesondere für die Erde, die sich aus der allgemeinen Gravitation ergeben, werden uns im nächsten Abschnitt beschäftigen. Indessen werden die Leser bereits ahnen, daß die angedeuteten Veränderungen, welche die Erde in ihrer Doppelbewegung erleidet, ihren Grund in den anderweitigen Anziehungen haben werden, denen die Erde, außer derjenigen der Sonne, ausgesetzt ist. Wir schließen diesen mit der Angabe des vollständigen Gravitationsgesetzes, welches darin besteht: daß jede Masse, groß oder klein, Ganzes oder Theil, jede andere anzieht, erstlich blos weil sie Masse, Materie ist, ebendaher zweitens im Verhältniß der Masse, der Menge tastbaren Anziehungsstoffs, drittens endlich, da die Wirkung im Raum vor sich geht, im umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung von der anderen Masse.

IV.

Die Erde unter dem Einfluß der allgemeinen Gravitation in ihren Bewegungen gestört und ein Glied höherer Systeme.

Wir haben uns nun im Weltall bis zur Wahrnehmung der allgemeinen Weltkraft zurechtgefunden, welche Weltkörper sowie Systeme von Weltkörpern zusammenhält; aber wir haben noch keineswegs alle Folgen derselben für die Erde entwickelt, womit sich erst die Uebersicht der kosmischen Beziehungen unsrer Erde vollendet. Die erste ist die „Wägung" der Erde, theils im Verhältniß zu irdischen Körpern, theils im Verhältniß zu anderen Weltkörpern.

Um überhaupt zu begreifen, wie das Gravitationsgesetz dazu dient, die Massenverhältnisse der Körper zu ermitteln, wird man erwägen, daß bei einerlei Entfernung des angezogenen Körpers die Anziehungskräfte zweier verschiedener Massen sich genau wie diese Massen verhalten müssen; alsdann, daß die Stärke der Anziehungen oder der bewegenden Kräfte nach den dadurch bewirkten Bewegungen zu beurtheilen ist. Das letztere ist aber verschieden je nach der Art der Bewegung und wir müssen uns dabei auf Sätze der Mechanik berufen, ohne uns in die Herleitung derselben einzulassen. Vergleicht man z. B. zwei Schwerkräfte durch die Dauer der Schwingungen, welche ein und dasselbe Pendel in Folge ihrer Wirksamkeit macht, so lehrt die Mechanik, daß jene Kräfte sich umgekehrt verhalten, wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten, und mittelst dieses Satzes hat man durch Pendelversuche, die unter verschiedenen geographischen Breiten angestellt worden sind, die geographischen

Verschiedenheiten der irdischen Schwerkraft ermittelt, sowie die Größe der irdischen Schwungkraft, wovon die Ergebnisse im zweiten Abschnitt angeführt worden sind. Ganz ähnlich aber lautet der Satz, wenn man die anziehenden Kräfte zweier Weltkörper durch die Dauer der Umläufe von Körpern vergleicht, welche dieselben in dem nämlichen (mittlern) Abstand umkreisen würden; die Anziehungskräfte jener beiden Körper (und folglich ihre Massen nach obigem) verhalten sich alsdann umgekehrt wie die Quadratzahlen der Umlaufzeiten.

Um nun die Erdmasse mit den Massen irdischer Körper zu vergleichen, konnte man die schon im ersten Abschnitt erwähnte Ablenkung des Hängloths (Senkbleis) in der Nähe vereinzelt stehender Berge benützen, um aus der beobachteten Ablenkung auf das Verhältniß der Erdmasse zu der Masse des Bergs zu schließen. Allein da die Masse des Bergs auch nicht unmittelbar gewogen, sondern nur nach seinen Abmessungen und geognostischen Bestandtheilen geschätzt werden konnte, so konnten dergleichen Untersuchungen, wie sie namentlich von dem englischen Astronomen Maskelyne an einem schottischen Berge (Shehallien) angestellt worden sind, nicht zu dem genauesten Ergebniß führen. Man ist aber sofort durch eine äußerst sinnreiche Vorrichtung dahin gelangt das Verhältniß der Erdmasse zu einer wirklich gewogenen Metallmasse zu bestimmen, indem man die Schwingungen eines Sekundenpendels in Folge der irdischen Schwere mit derjenigen verglich, welche ein an einem feinen langen Faden wagrecht aufgehängtes, an seinen Enden mit kleinen gleich großen Bleikugeln versehenes Stäbchen in der nächsten Nähe zweier sehr großer Bleikugeln von bekanntem gleichem Gewicht macht, welche den Enden dieses „wagerechten Pendels" gegenüber gestellt sind. Daraus mag sich der Leser ein ungefähres Bild von dieser Vorrichtung (Drehwage gennant) machen, mit welcher zuerst durch Cavendish in England, neuestens durch Reich in Deutschland Versuche über die Masse der Erde angestellt worden sind. Was sich hieraus ergeben hat, ist, daß die Erdmasse (oder das Gewicht der Erde) nahezu $5\frac{1}{2}$mal so groß sein müsse, als die Masse (das Gewicht) einer gleich gro-

ßen Wasserkugel. Man nennt daher diese Zahl 5½ (genauer 5,44) die mittlere Dichtigkeit oder das durchschnittliche specifische Gewicht der Erde, sofern sie angibt, um wie viel ein Kubikfuß Erdenstoff, wofern dieser überall gleichartig (gleich dicht) wäre (so zu sagen ein Kubikfuß durchschnittlichen oder mittleren Erdenstoffs) schwerer ist als ein Kubikfuß Wasser, welches bekanntlich der Stoff ist, den man bei Angabe der specifischen Gewichte zu Grunde legt. Man kann hieraus das wirkliche Gewicht der Erde berechnen, da man ihren Kubikinhalt vermöge der Gradmessungen kennt. Dieser beträgt nämlich in runder Zahl über dritthalbtausend Millionen Kubikmeilen, und damit ergibt sich als Gewicht der Erde ein Ziemliches über hunderttausend Trillionen Zentner.

Ziehen wir weitere Folgerungen aus diesen berühmten Versuchen. Sie sind einmal der unmittelbarste Beweis für die Allgemeinheit der Massenanziehung, zeigend, daß sie auch zwischen allen einzelnen kleinen irdischen Massen Stat findet. Sie bestätigen ferner die Zunahme der Erddichte von der Oberfläche nach der Mitte, welche wir gemäß dem wahrscheinlichen Bildungshergang der Erde schon im ersten Abschnitt anzunehmen hatten, und im zweiten durch die Kleinheit der Abplattung bestätigt fanden. Da nämlich die Gesteine, welche die feste Erdrinde bilden, um 2½- bis gegen 3mal schwerer sind als Wasser, so könnte die mittlere Dichte nicht 5½mal so groß sein, wenn sich nicht im Innern dichtere Massen befänden. Das Gesetz der Dichtigkeitszunahme wird freilich unerledigt gelassen; allein der Leser wird sich aus dem zweiten Abschnitt erinnern, daß ihrerseits die Abplattung der Erde auf das Verhältniß zwischen der oberflächlichen Dichte der Erde einerseits und zwischen der mittleren und innersten Dichtigkeit andererseits schließen ließ, und daß die schöne Uebereinstimmung des dießfallsigen Ergebnisses mit dem Ergebniß der unmittelbaren Bestimmungen der mittleren Erddichte die annähernde Richtigkeit der bei jenem Schlusse zu Grunde liegenden Voraussetzung einer gleichmäßigen und allmäligen Dichtigkeitszunahme mehr als wahrscheinlich machte, welche eben so sehr das Vorhandensein großer mit

der Erde vergleichbarer) Höhlungen als großer regellos eingesprengter Massen von sehr abstechender Dichte ausschließt.

Auf der anderen Seite handelt es sich um die Masse der Erde im Verhältniß zur Sonnenmasse, und hiezu kann die Vergleichung der beiden Bewegungen dienen, vermöge deren der Mond die Erde in 27 Tagen und 7 Stunden, die Erde aber die Sonne in der ungefähr 400mal größeren Entfernung in 365 1/4 Tagen umkreist. Daraus folgt zunächst aus Keplers drittem Gesetz, daß ein Körper, welcher von der Sonnenmitte nicht weiter entfernt wäre, als der Mond von der Erde, seinen Umlauf in etwas über 1/25 Tag oder nahezu in einer Stunde vollenden würde; hieraus aber ergibt sich nach dem eben erwähnten Gesetz das ungefähre Massenverhältniß, nämlich daß die Sonne die Erde so vielmal in Masse übertrifft, als die Quadratzahl von der Stundenanzahl des Mondlaufs beträgt, d. h. über 400000mal. Dieß ist allerdings zu viel, und das genauere Verhältniß vielmehr, daß fast vierthalbhunderttausend Erdmassen die Sonnenmasse aufwiegen, wie man durch unmittelbare Vergleichung des Falls an der Erdfläche mit der Bewegung der Erde unter Benützung der genauesten Zahlen findet. Obige Betrachtung sollte nur ein anschauliches Beispiel in runden Zahlen von dem auch auf alle anderen Planeten, welche Monde haben, anwendbaren Verfahren geben, wodurch man Massenverhältnisse ermitteln kann. Da nun die Sonne an Rauminhalt die Erde gegen anderthalbmillionenmal übertrifft, so muß ihre mittlere Dichte ungefähr viermal geringer sein, als die der Erde. Auch der Mond ist durchschnittlich weniger dicht. Aus den Wirkungen, welche seine Anziehungskraft auf die Erde ausübt, wovon bald mehr die Rede sein wird, hat man geschlossen, daß seine Masse 88mal kleiner ist, als diejenige der Erde, während sein Rauminhalt nur fast 50mal kleiner ist, woraus folgt, daß seine mittlere Dichte gegen 2mal kleiner sein muß, etwas beträchtlicher als die Dichte der Erdrinde. Wir fügen noch bei, daß die Sonne alle Planeten zusammen an Masse über achthalbhundertmal, und auch den größten (Jupiter) noch über tausendmal übertrifft. Mehreres aber über die Verhältnisse der Massen und

Dichten unter den Weltkörpern gehört in die Naturgeschichte des Himmels, während die Vergleichung der Erde mit ihrem Herrscher, so wie mit ihrem Unterthan zu den kosmischen Naturverhältnissen der Erde selbst gehört.

Wir schreiten nun zu einer zweiten Folgerung für die Erde aus der Thatsache der allgemeinen Massenanziehung fort. Die Erde steht dem zufolge unter dem Einfluß verschiedener anziehender Kräfte, neben der Hauptanziehung von Seiten der Sonne, deren weit überwiegende und durchherrschende Kraft nach dem zuvor angeführten erhellen mag. Durch letztere wird sie auch fortwährend in ihrem Jahreslauf erhalten, allein derselbe kann nicht genau, sondern nur nahezu nach den Gesetzen der elliptischen Bewegung vor sich gehen, weil sie durch andere, wenn auch im Vergleich mit der Hauptkraft noch so unbedeutende Anziehungskräfte bald dahin, bald dorthin gezogen, oder wie man zu sagen pflegt, in ihrem Umlauf gestört wird, und daher rühren auch die Veränderungen in mehreren Elementen ihrer Bewegung, welche wir bereits zu erwähnen hatten. Die bedeutendsten unter diesen Anziehungen sind diejenigen, welche die Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn, sowie der Mond auf die Erde ausüben. Die übrigen sind zu klein oder zu weit entfernt, um einen merklichen Einfluß zu haben, und letzteres gilt ohnehin von den Fixsternen, wie sonnenhaft dieselben immerhin sein mögen, so nämlich, daß dieselben wohl auf die Sonne mit ihrem ganzen System (und damit mittelbar auf die Erde) bewegende Anziehung äußern, keineswegs aber einen einzelnen Planeten in seinen innern Systemverhältnissen auf merkliche Weise stören können. Durch die genannten Körper wird die Erde in ihrem Umlauf um die Sonne gestört und die wichtigsten Folgen davon sind die Veränderungen in der Lage der Bahnebene und der Apsidenlinie, so wie in der Gestalt der Bahn. Sie wird aber auch in ihrer Axendrehung gestört und zwar durch Sonne und Mond, woraus die Veränderung in der Richtung ihrer Axe folgt. Durch dieselben zwei Weltkörper wird sie endlich so zu sagen in der Herrschaft gestört, die sie durch die Schwerkraft über ihre Oberfläche selbst ausübt, und dieß zeigt sich vornehmlich

in den Gezeiten des Meeres. Hier, wie bei der Störung der Axendrehung, können bloß Sonne und Mond merklichen Einfluß haben, die Sonne wegen ihrer großen Masse, der Mond wegen seiner bedeutenden Nähe. Wir betrachten nun diese Störungen der Erde im Einzelnen.

Die Ebene der Erdbahn selbst ist in Folge der planetaren Störungen einer sehr langsamen Veränderung unterworfen, die erst im Lauf der Jahrhunderte merklich wird, während die Bewegung der Erde in einem Jahre, ja für viele Jahrzehnte so erfolgt, als ob ihr Schwerpunkt wirklich in einer festen Ebene fortrückte, obwohl es in aller Strenge nie der Fall ist. Die ältesten geschichtlichen Nachrichten, die wir haben, deuten eine fast 24 Grad betragende Schiefe der Ekliptik an, während sie jetzt unter 23½ Grad beträgt. Die Vergleichung der griechischen und arabischen Beobachtungen mit jenen ältesten chinesischen (welche man ins Jahr 1100 vor Christus setzt) so wie mit den neueren, gibt eine fortwährende Verminderung der Schiefe oder der Neigung der Erdbahn gegen den Aequator während der ganzen Zeit, aus welcher astronomische Aufzeichnungen vorhanden sind. Wie langsam aber diese Abnahme vor sich geht, mag man daraus ermessen, daß sie in jenen 29 Jahrhunderten noch keinen halben Grad ausmacht, und (wenn man sich nur an den neuesten hundertjährigen Zeitraum der genauen Beobachtungen hält) in einem Jahrhundert keine volle Minute, sondern nur etwas über 48 Sekunden d. h. den 75sten Theil eines Grads, so daß die Veränderung selbst innerhalb eines Jahrhunderts nur im Bereich der astronomischen Beobachtung und einflußlos auf die Naturverhältnisse der Erde bleibt. Aber nach Jahrtausenden würde die Veränderung so zu sagen ins Leben eingreifen auf die bereits im vorigen Abschnitt geschilderte Weise, der Unterschied des Sonnenstandes zu den verschiedenen Zeiten des Jahres würde für die einzelnen Erdorte merklich geringer, die Erdzonen selbst würden ihre Gränzen merklich ändern, indem sich die Mittelzonen verbreiterten. Nun erhebt sich die wichtige Frage: wird die Schiefe der Ekliptik bis zu jenem Aeußersten abnehmen, wo Aequator und Ekliptik

zusammenfallen, was beiläufig (bei stets gleichmäßiger Abnahme) nach 1775 Jahrhunderten einträte? Werden sich beide Ebenen alsdann wieder trennen, indem die Ebene der Erdbahn stets nach einer Richtung fortrückte, und die Schiefe eben so langsam zunähme, etwa bis zu dem *anderen Aeußersten*, d. h. zu einem *rechtwinkligen Stande*, was, von dem Jahr 179300 *unserer Zeitrechnung* an (dem Jahr des Zusammenfallens) wiederum nach 675 Jahrtausenden erfolgt wäre? Es gehört zu den Triumphen der auf das Gravitationsgesetz gegründeten Rechnungen, diese Frage beantworten zu können. Die Antwort lautet Nein, vielmehr können, wofern das Sonnensystem den in ihm waltenden Schwerkräften überlassen bleibt, und keine gewaltsame Umwälzung eintritt, jene *Aeußersten nie eintreten*, die Schiefe der Ekliptik kann nicht unter 21 Grad abnehmen, noch über 28 Grad zunehmen, so daß sie nur einen Spielraum von 6 Graden hat. Sie bleibt stets zwischen diese *Gränzen* eingeschlossen und schwankt in ungeheuren Zeiträumen um einen *mittleren Werth von* $24\frac{1}{2}$ *Graden* her, Jahrtausende abnehmend, und dann wieder Jahrtausende hindurch zunehmend. Man hat selbst diese Zeiträume berechnet und gefunden, daß sie 294 Jahrhunderte vor Christus einen größten Werth von $27\frac{1}{2}$ Grad erreicht, sofort 15 Jahrtausende bis zu $21\frac{1}{3}$ Grad im Jahr 14400 vor Christus abgenommen hatte, um von da an während 124 Jahrhunderten bis zu fast 24 Grad zuzunehmen, dem größten Werth, den sie in den geschichtlichen Zeiten ums Jahr 2000 vor Christus hatte. Mit diesem hat der *gegenwärtige Abnahmezeitraum* begonnen, welcher 86 Jahrhunderte dauert, und in welchem sie bis etwas unter 23 Grad ums Jahr 6600 nach Christus abnimmt, worauf sie wieder 127 Jahrhunderte hindurch bis zu $25\frac{1}{3}$ Grad zunehmen wird.

Die Schiefe der Ekliptik kann also nur um 4 Grad größer werden als sie jetzt ist; dann sind Tropenzonen und Polarzonen um so viel breiter, die Mittelzonen aber je um 8 Grad schmäler. Dann steht die Sonne an jedem Ort unserer nördlichen Mittelzone zur Zeit der Sommersonnenwende um 4 Grad höher, zur

Zeit der Wintersonnenwende um eben so viel niedriger, und der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tag ist etwas größer als jetzt. Stuttgart z. B. hat dann einen winterlichen Sonnenstand, übrigens mit kürzeren Tagen, wie ihn jetzt etwa Hamburg oder Berlin hat, zugleich aber einen sommerlichen Sonnenstand, übrigens mit längeren Tagen, wie ihn derzeit Florenz oder Marsellien hat. Die Schiefe der Ekliptik kann auf der anderen Seite um 2½ Grad kleiner werden, als sie jetzt ist; um eben so viel sind dann Tropen- und Polarzonen schmäler, die Mittelzonen dagegen um 5 Grad breiter. Die Sonne steht dann an jedem Ort in Deutschland zu Sommersanfang um 2½ Grad niedriger, zu Wintersanfang um eben so viel höher. Stuttgart z. B. hat dann einen sommerlichen Sommerstand, übrigens mit kürzeren Tagen, wie jetzt ein 2½ Grad nördlich gelegener Ort, z. B. Leipzig, und einen winterlichen Sonnenstand, übrigens mit längeren Tagen, wie er jetzt einem um eben so viel südlicheren Ort, z. B. Triest, zukommt.

Aehnlichen Schwankungen ist die elliptische Gestalt oder die Excentricität der Erdbahn unterworfen. Der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Entfernung, welcher gegenwärtig etwa 600000 Meilen beträgt, kann zunehmen und abnehmen, aber auch nur zwischen engen Gränzen, so daß daraus keine bedeutenden Unterschiede in den Erwärmungsverhältnissen der Erde entspringen. Hätte freilich die Excentricität einen größeren Spielraum, so daß jener Unterschied zwischen Sonnennähe und Sonnenferne auf Millionen von Meilen anwachsen könnte, daß etwa jene in die Region des Merkur, diese in die des Mars fiele, während immer die mittlere Entfernung jährlich auf denselben Betrag zurückkäme: so wäre dieß eine eben so erfolgreiche, ja alle irdischen Verhältnisse umwälzende Veränderung, wie wenn die Schiefe der Ekliptik bis zu Null abnehmen und bis zu 90 Grad zunehmen könnte. Außer den unmittelbaren Folgen für die Wechsel in der Erwärmung würden dann sehr bedeutende Unterschiede in der Dauer der Jahreszeiten und der Sonnentage, zwischen mittlerer und wahrer Zeit sich ergeben. Allein wir haben schon im dritten Abschnitt gesehen,

von welch geringem Belang für die Temperaturverhältnisse der Erde jene 600000 Meilen selbst sind, noch weniger machen die Aenderungen aus, denen diese Größe unterworfen ist. Die Excentricität der Erdbahn nimmt nämlich gegenwärtig ab, und zwar in einem Jahrhundert um 42 Millionentheile der mittleren Entfernung, aber nur bis zu einer gewissen Gränze, wo sie dann nur fast 4 Tausendtheile der mittleren Entfernung beträgt; alsdann nimmt sie wieder zu aber nur bis gegen 20 Tausendtheile derselben Größe, und die Zeit, welche zwischen beiden Gränzwerthen verfließt, beträgt ungefähr 48 Jahrtausende. Mit anderen Worten, der Spielraum, den die elliptische Gestalt der Erdbahn hat, ist so beschaffen, daß der gegenwärtig ungefähr 600000 Meilen betragende Unterschied zwischen der größten und kleinsten Entfernung auf der einen Seite bis zum vierten Theil oder bis zu 150000 Meilen abnehmen, auf der anderen bis zu 750000 Meilen zunehmen kann, ohne daß die Erdbahn je weder in einen Kreis noch in eine langgestreckte Ellipse übergehen könnte.

Ehe wir von der Aenderung in der Lage der Apsidenlinie sprechen, müssen wir die Störung der Erdaxe betrachten. Wir haben im zweiten Abschnitt gesehen, daß die Axe eines Kreisels, in Folge einer Störung des Gleichgewichts um diese Axe her, ihre Richtung ändert, so daß sie (anstatt genau senkrecht zu bleiben) selbst eine kegelförmige Bewegung um die senkrechte Lage annimmt. Diese Drehung der Axe geht aber viel langsamer vor sich, als die des Kreisels, und in entgegengesetzter Richtung von derselben; wenn der Kreisel sich von rechts nach links dreht, so dreht sich die Spindel von links nach rechts. Die Störung des Gleichgewichts kann durch einen Stoß hervorgebracht werden und ist dann vorübergehend, aber auch durch ein Uebergewicht auf einer Seite, welches alsdann fortwährend wirkt. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Störung der Erdaxe. Was ist aber hier das einseitige Uebergewicht? Die Anziehung von Sonne und Mond auf die verschiedenen Theile der Erde, welche wegen der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt und wegen der schiefen Stellung der Axe zur Ekliptik nicht gleichmäßig ist. Um dieß einigermaßen einzusehen, erwäge man erst-

lich, daß die beiden genannten Körper hiebei als in der Ebene der Ektiptik befindlich angesehen werden dürfen. Die Sonne steht in der That stets wirklich darin, der Mond aber kehrt in so kurzen Zeiträumen zur Ekliptik zurück, und weicht von derselben so wenig nach beiden Seiten aus, daß es für die fragliche Wirkung fast so gut ist, als wenn er ebenfalls beständig in der Ekliptik stünde. Man erwäge ferner, daß wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, die beiden Hälften, in welche sie durch die Ekliptik getheilt wird, stets gleichmäßig zu jedem in der Ekliptik befindlichen Körper liegen würde. Dasselbe wäre auch noch der Fall, trotz der Abplattung der Erde, wenn die Erdaxe senkrecht auf der Ekliptik stünde; sie würde dann diese Richtung stets beibehalten, und stets nach demselben Fixstern hinweisen. Da aber die Erdaxe einen Winkel von 66½ Grad mit der Ekliptik oder einen Winkel von 23½ Grad mit jener senkrechten Richtung macht, so zieht ein in der Ekliptik befindlicher Weltkörper den oberen und den unteren Theil des Erdellipsoids ungleich an, und es ist gerade so, als ob an dem Theil, welcher dem anziehenden Körper zugekehrt ist, ein Uebergewicht sich befände. Die Folge muß daher die sein, daß die Erdaxe, anstatt sich parallel zu bleiben, eine langsame kegelförmige Bewegung in der Richtung von Osten nach Westen (d. h. derjenigen der Axendrehung entgegengesetzt) um die zur Erdbahn senkrechte Richtung annimmt, oder was dasselbe ist, daß der Erdäquator, welcher seine Lage natürlich mit der Axe zugleich ändert, sich in ostwestlicher Richtung entlang der Ekliptik verschiebt.

Dieß findet in der That statt, es ist die schon von den alexandrinischen Astronomen in ihren Folgen wahrgenommene Erscheinung der sogenannten Präcession, und wir wollen nun die etwas schwierige mechanische Vorstellung von der Sache verlassen, um die Thatsache selbst mit ihren Folgen näher kennen zu lernen. Der Aequator verschiebt sich also, entgegengesetzt der Richtung von beiden Bewegungen der Erde, wofür man auch kurzweg rückwärts zu sagen pflegt, entlang der Ekliptik, aber nur um etwas über 50 Sekunden oder um den 72. Theil eines Grads in einem Jahr. Um denselben kleinen Winkel

ändert die Erdaxe jährlich ihre Richtung im Raum, so daß sie also nach einem Jahre auf einen Punkt des Himmels hinweist, der nur um 50 Sekunden von demjenigen verschieden ist, auf welchen sie das Jahr zuvor hingewiesen hatte, und eben deßhalb konnten wir oben behaupten, daß der jährliche Kreislauf der Erscheinungen fast ganz so von statten gehe, wie wenn die Erdaxe sich parallel bliebe. Allein im Verlauf der Jahrhunderte wird auch diese Veränderung sehr merklich, weßhalb schon die Alten dieselbe wahrnehmen konnten, nämlich an der veränderten Lage der Fixsterne gegen Aequator und Pol. Der Polarstern, welcher heutzutage nur 1½ Grad vom Pol absteht, war zur Zeit Hipparchs, des berühmten Entdeckers der Erscheinung, von welcher wir sprechen, etwa 12 Grad vom Pol entfernt, und konnte damals auf jene Benennung noch keinen Anspruch machen. Bei der kegelförmigen Bewegung der Erdaxe um die zur Erdbahn senkrechte Richtung weist sie nämlich allmälig auf andere und andere Sterne hin; alle diejenigen Sterne, welche nordwärts um 60 bis 70 Grad von der Ekliptik abstehen, kommen der Reihe nach daran, die Rolle des Polarsterns zu spielen, bis nach mehr als 25 Jahrhunderten die Erdaxe einen vollen Umlauf gemacht hat und in die vorigen Richtungen zurückkehrt. Man kann daher die Polarsterne für verschiedene Zeitpunkte angeben; so war ums Jahr 2700 vor Christus der hellste Stern im Drachen Polarstern, der jetzige wird dem Pol am nächsten stehen (kaum ½ Grad entfernt) ums Jahr 2100 nach Christus, und ums Jahr 14000 unserer Zeitrechnung wird der helle Stern in der Leyer, dessen Polabstand jetzt 52 Grad beträgt, nahezu als Polarstern gelten können. Man muß übrigens hiebei nicht vergessen, daß auch die Ekliptik ihre Lage ändert, und daß also die kegelförmige Bewegung der Erdaxe auch um keine ganz feste Axe vor sich geht; eben deßhalb nannten wir vorhin auch die Sterne, welche 60 bis 70 Grad nordwärts von der Ekliptik stehen, als Polarsternkandidaten, denn ohne die Rücksicht auf die Aenderungen der Schiefe der Ekliptik kämen blos diejenigen in Betracht, deren Abstand von der Erdbahn nur nahe 66½ Grad beträgt.

Die wichtigste Folge dieser Veränderung aber ist das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen selbst, und die dadurch bedingte Verschiedenheit des bürgerlichen Jahrs von der wirklichen Umlaufzeit der Erde, oder des tropischen Jahrs und des Sternjahrs. Die Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik bewegen sich rückwärts in der Ekliptik, indem der Aequator ihr entlang sich von Osten nach Westen verschiebt; diese Punkte heißen die Nachtgleichenpunkte (Frühlingspunkt und Herbstpunkt), weil die allgemeine Tag- und Nachtgleiche stattfindet, wenn die Sonne in jenen Punkten, d. h. senkrecht über dem Erdgleicher steht, und man spricht daher kurzweg von dem Zurückweichen der Nachtgleichenpunkte, welches jährlich 50 Sekunden beträgt, und einen vollen Umfang (360°) nach mehr als 25 Jahrhunderten ausmacht. Die Wiederkehr der Frühlingsnachtgleiche nun und damit die der Jahrszeiten überhaupt, wornach sich das bürgerliche Jahr richten muß, findet statt, wenn die Erde bei der westöstlichen Bewegung um die Sonne zum Frühlingspunkt zurückgekehrt ist. Da ihr aber dieser Punkt ostwestlich, wenn auch nur um 50 Sekunden, entgegengerückt, so braucht sie zu der betreffenden Rückkehr keinen vollen Umlauf, sondern um die Zeit weniger, welche sie zu Durchlaufung jener 50 Sekunden nöthig hat, d. h. da sie in einem Tag fast einen Grad zurücklegt, den 72. Theil eines Tags oder 20 Minuten Zeit. Daß somit die astronomischen Jahreszeiten von einem Jahr zum andern um 20 Minuten früher eintreten, dieß versteht man unter dem Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen, und um so viel dauert das tropische oder das nach der Wiederkehr der Jahreszeiten sich richtende bürgerliche Jahr kürzer, als die wirkliche Umlaufzeit oder das Sternjahr, d. h. die Zeit, in welcher die Sonne wieder in dieselbe Stellung zu den Fixsternen zurückkehrt. Jener ungeheure Zeitraum, in welchem der Frühlingspunkt seinen Umlauf in der Ekliptik (oder die Erdaxe ihren Umlauf um die Axe der Erdbahn) vollendet, zählt also ein tropisches Jahr mehr als Sternjahre (ungefähr auf dieselbe Art wie das Jahr einen Sterntag mehr zählt als Sonnentage).

In Folge der planetaren Störungen ändert sich endlich auch die Lage der Apsidenlinie oder der großen Axe der Erdbahn dergestalt, daß dieselbe während eines vollen Umlaufs der Erde (Sternjahr) nur um 11 Sekunden fortrückt, und zwar in derselben westöstlichen Richtung, in welcher die Bewegung der Erde vor sich geht. Daher dauert die Wiederkehr der Sonnenferne länger als das Sternjahr um die Zeit, welche die Erde braucht um jene 11 Sekunden, oder den 327sten Theil eines Grads zurückzulegen, d. h. ungefähr den eben so vielten Theil eines Tags oder 4 Minuten Zeit. Da nun das bürgerliche Jahr, welches die Wiederkehr der Jahrszeiten bringt, bereits 20 Minuten kürzer als das Sternjahr ist, so verspätet sich die Wiederkehr der Sonnenferne in dem bürgerlichen Jahr (dem Jahr schlechtweg) um ungefähr 24 Minuten, was in dem Zeitraum von fast 60 Jahren einen Tag ausmacht. Da die Sonnenferne gegenwärtig auf den 1. Januar fällt, so tritt sie nach etwa 60 Jahren um dieselbe Stunde des 2. Januars ein, und so geht es fort, so daß es in dem Zeitraum von mehr als 21 Jahrhunderten allmälig auf alle Tage des Jahrs gefallen und wieder zum 1. Januar zurückgekehrt ist. Wir haben im dritten Abschnitt gesehen, was für Verhältnisse der Erde von der gegenwärtigen Lage der Apsidenlinie bedingt sind, namentlich z. B. daß das Sommerhalbjahr bei uns eine Woche länger dauert als auf der südlichen Halbkugel. Nach etwa 11½ Jahrhunderten wird es hiernach gerade umgekehrt seyn; nach etwa 5000 Jahren aber werden die Apsiden in die Zeit der Tag- und Nachtgleichen fallen, so daß Winter- und Sommerhalbjahr auf beiden Halbkugeln gleichlang dauert. Mit den Zeitpunkten der Sonnennähe und Sonnenferne ändern sich auch die Zeiten, wo die wahre und mittlere Zeit zusammentrifft, gänzlich; diese Aenderung geht aber so langsam vor sich, daß man viele Jahre hindurch die nämlichen Angaben brauchen kann, um aus beobachteten Sonnenhöhen die mittlere Zeit zum Richten der Uhren herzuleiten.

Weiter in diesen wichtigen Gegenstand der Störungen einzugehen, denen die Bewegung der Erde in Folge der allgmeinen

Massenanziehung unterworfen ist, ist hier nicht der Ort. Wir erwähnen nur noch, daß die Erdaxe neben der ausführlich erörterten kegelförmigen Bewegung noch eine Schwankung von kürzerer Periode zeigt, die sogenannte Nutation, auf die wir beim Mond nochmals zurückblicken wollen. Es galt hauptsächlich die Folgen davon für das Leben hervorzuheben, und man muß gestehen, daß dieselben nicht sehr erheblich sind und weit entfernt, eine Umwälzung in den Naturverhältnissen unseres Planeten hervorzubringen. Dieß hat aber seinen Grund darin, daß erstlich die drei (oder vier) wichtigsten Elemente ganz unverändert bleiben, nämlich die Dauer des Sternjahrs und des Sterntags, die Größe der mittleren Entfernung von der Sonne und die Lage der Drehaxe im Erdkörper; zweitens daß die Elemente zweiten Rangs innerhalb sehr enger Gränzen sich ändern, die Schiefe der Ekliptik und die Excentricität der Erdbahn; drittens daß die Aenderung derjenigen Elemente, welche, wie die Richtung der Erdaxe im Raum und die Lage der Apsidenlinie zwar gänzlich sich ändern, doch so langsam vor sich geht. Wenn nämlich auch ein viel rascherer Umlauf der Apsidenlinie, nicht eben sehr bedeutende Folgen hätte wegen der Kleinheit der Excentricität, so wäre dagegen bei einem beschleunigten Umlauf der Drehaxe auch der Jahreszeitenwechsel ein ganz anderer, ja er würde völlig aufhören, wenn der Umlauf der Axe in einem Jahr stattfände oder gleichen Schritt mit dem Umlauf der Erde um die Sonne selbst hielte.

Wir haben der Erdaxe, der Apsidenlinie, der Bahnebene die kleinen Bewegungen selbst zugeschrieben; Jedermann wird einsehen, daß das, was sich bewegt, eigentlich stets die Erde selbst ist. Der Erde werden neben ihren zwei Hauptbewegungen, vermöge deren sie um die Sonne rollt, eine Menge anderer Bewegungen mitgetheilt, die sich in kürzeren oder längeren Zeiträumen mit der Hauptbewegung ausgleichen; diese gehen zum Theil so vor sich, wie wenn die Bahnebene, die Apsidenlinie, die Drehaxe sich bewegte, und zwar in der angegebenen Weise. Man bemerke endlich noch, ehe wir zu einem anderen

Gegenstand übergehen, den merkwürdigen Zusammenhang in den Umständen, welche die Axendrehung der Erde betreffen. Die Axendrehung plattet die Erde nahezu zur Figur eines Rund-ellipsoids ab; diese Gestalt bedingt die Dauerhaftigkeit dieser Drehaxe im Erdkörper oder die Unwandelbarkeit der geographischen Breiten, wie schon im zweiten Abschnitt gezeigt worden ist; dieselbe Gestalt hat aber auch die Folge, daß die Anziehung von Sonne und Mond auf die verschiedenen Theile des Erdellipsoids ungleichmäßig wirkt, woraus die Präcession entspringt.

Wäre nun die Erde ein gänzlich starrer Körper ohne Luft und Wasser, so wäre auch die Bewegung der Erde im Ganzen der einzige Einfluß, den die Anziehungen der Weltkörper auf sie haben könnten. Anders ist es aber mit der flüssigen Hülle der Erde bei der Zusammenhangslosigkeit und leichten Verschiebbarkeit ihrer Theilchen. Bewegungen des Meeres aber in Folge der Anziehung der Sonne können wiederum nur dadurch entstehen, daß die Sonne die ihr näher befindlichen Wassermassen auf der ihr zugekehrten Oberfläche stärker anzieht, als den Schwerpunkt oder als die Erde im Ganzen, und diese stärker als die Wassermassen auf dem von der Sonne abgekehrten Theil der Erdfläche. Wenn nun schon die Anziehung der Erde auf ihre Oberfläche weit stärker ist als die ganze Anziehung der Sonne in der großen Entfernung, — denn bei gleicher Entfernung des angezogenen Gegenstands wäre zwar die Anziehung der Sonne 350000mal stärker, in der 23000mal größeren Entfernung ist sie aber andrerseits 23000 · 23000 oder 529 Millionenmal, beides verbindend also ungefähr 1500mal schwächer — so ist der Unterschied der Anziehung vollends sehr klein, welche die Sonne auf die Oberfläche und den Mittelpunkt der Erde äußert, er beträgt kaum den 20millionsten Theil von der irdischen Schwere an der Erdoberfläche, oder nur etwa den 12000sten Theil von der die ganze Erde bewegenden Sonnenkraft. Dieser Theil ihres Anziehungsvermögens ist es, womit die Sonne das Meer in Bewegung setzt, und zwar in der Art, daß die Wassertheilchen sowohl auf der zur Sonne hingewandten,

als auch auf der von ihr abgewandten Seite von der Erdmitte sich zu entfernen und daß sie überdieß, der Erdfläche selbst entlang, dort nach dem Punkt, welcher die Sonne senkrecht über sich hat, hier nach dem gerade entgegengesetzten Punkt (dem Antipodenpunkt des vorigen) sich hinzubegeben streben, auf der Tagseite also nach dem der Sonne zunächst befindlichen, auf der Nachtseite nach dem von der Sonne entferntest liegenden Punkt der Erdfläche. Dieß begreift man nach obigem daraus, daß die Sonne die Wasser auf der Tagseite stärker, diejenigen auf der Nachtseite schwächer anzieht, als die Erdmitte, weßhalb so zu sagen jene der Erdmitte bei dem Fall nach der Sonne voraneilen, diese aber dabei zurückbleiben. So muß der Erfolg von der Anziehung des Meeres durch die Sonne der sein, daß das Wasser demjenigen Meridian, in welchem die Sonne sich eben befindet, zuströmt, und in seiner ganzen Ausdehnung, unten wie oben, am stärksten anschwillt (Fluthmeridian), während es in dem 90 Grad davon abstehenden Meridian rund herum am niedrigsten steht (Ebbemeridian). Die Wasserfläche der Erde zerfällt in diesem Augenblick in vier Viertel (durch die beiden Meridiane, welche von den zuvor genannten um 45 Grad abstehen); in den beiden sich entgegenstehenden Winkeln, welche in der Mitte vom Fluthmeridian halbirt werden, ist Wasser aus den beiden anderen zugeströmt und hat sich ein Fluthberg gebildet, in den beiden andern, aus denen Wasser abgeflossen ist, aber ein Ebbethal. Bedenkt man jetzt noch, daß zufolge der Axendrehung die Sonne von einem Meridian zum anderen fortrückt, so verändert sich diese Wasservertheilung von Augenblick zu Augenblick, und die Fluthwelle umkreist die Erde von Osten nach Westen in 24 Stunden. So gestaltet sich die Erscheinung, so weit sie von der Sonne allein herrührt.

Allein eine ganz ähnliche, nur dritthalbmal stärkere Wirkung auf die Meere hat der Mond. Seine Wirkung ist hierin stärker als die der Sonne, obwohl die anziehende Kraft der Sonne auf die Erde im Ganzen 160mal größer ist als die des Mondes auf die Erde, weil es sich nur um den Unterschied der Anziehungskräfte auf Erdfläche und Erdmitte handelt; dieser

Unterschied war aber bei der Sonne der 12000ste Theil ihrer Gesammtkraft, beim Mond ist es dagegen der 30ste, wie man durch eine ähnliche Rechnung findet, wie oben. Das Ergebniß derselben kann man, was die Zahlen 12000 und 30 nahe legen, auch so ausdrücken, so oft der Durchmesser der Erde in der Entfernung des anziehenden Weltkörpers enthalten ist, der so vielte Theil ist der vielbesprochene Anziehungsunterschied von der Gesammtanziehung des Weltkörpers; die Sonne ist nämlich 12000, der Mond 30 Erddurchmesser von der Erde entfernt. Beträgt also die Sonnenfluth an irgend einem Ort der Erde 2 Fuß, so beträgt die Mondsfluth ebendaselbst 5 Fuß. Stünden nun Sonne und Mond stets zu gleicher Zeit in jedem Erdmeridian, so hielte der Gang beider Fluthwellen stets gleichen Schritt, die beiden Wirkungen würden sich stets summiren (so daß also die Fluth an jenem Erdort stets 7 Fuß betrüge), und der Zeit nach zusammentreffen. Allein dieß ist bekanntlich nicht so, die Fluthwelle des Monds und die der Sonne umkreisen die Erde nicht gleichmäßig, nicht einmal in gleichen Zeiten (die des Monds braucht im Allgemeinen eine Stunde länger); sie treffen nur zusammen um die Zeit des Vollmonds und Neumonds (wo beide Gestirne zugleich im Meridian stehen, wo deßhalb die stärksten Fluthen, die Springfluthen, Statt finden), während es sich um die Zeit der Viertel entgegengesetzt verhält, indem die Mondsfluth mit der Sonnenebbe zusammentrifft und durch sie vermindert wird (Nippfluth, sie beträgt an gedachtem Ort 3 Fuß). Vermöge der überlegenen Kraft des Monds in der Flutherregung richtet sich aber die Erscheinung an jedem Ort vorzugsweise nach dem Stande des Monds zu dem Meridian dieses Orts. Bedenkt man nun noch, daß die veränderliche Stellung beider Gestirne zur Erde im Ganzen, nach Entfernung sowohl als nach der Abweichung vom Aequator, von Einfluß ist auf Zeit und Höhe der Fluthen, so kann man ermessen, wie verwickelt die Erscheinung ist, selbst so lange man die ganze Erdfläche als mit Wasser bedeckt sich vorstellt. Dazu kommt aber die mannigfaltige Vertheilung von Wasser und Land auf der Erdfläche; von dem Einfluß derselben auf die Fluthbewegung der Meere

(welcher die Gravitationsrechnung nicht mehr folgen kann) so wie von der (geologischen) Rückwirkung dieser Bewegung auf die Vertheilung von Wasser und Land wird anderswo die Rede sein müssen.

Ein Umstand in der kosmischen Theorie der Meeresgezeiten ist aber hier noch zu erwähnen. Wenn wir nämlich die nähere Betrachtung ungewöhnlich hoher Fluthen und dadurch verursachter Ueberschwemmungen der Schilderung der Erdfläche überlassen, so wird die bloße Erwähnung hievon die Frage hervorrufen, wodurch überhaupt das Gleichgewicht der Meere im Allgemeinen gesichert ist, dergestalt, daß keine weitgreifende Ueberfluthung des Landes durch die gewaltigen Fluthwellen zu besorgen ist. Auch hierauf hat die Mathematik geantwortet. Das Meer wird in den Höhlungen, welche es jetzt einnimmt, bei allen Schwankungen erhalten, weil seine Dichte geringer ist, als die mittlere Dichte der Erde, unter der Voraussetzung nämlich, daß seine Tiefe unbeträchtlich ist gegenüber den Abmessungen der Erde, eine Voraussetzung, welche in der That Statt findet. Ein Quecksilbermeer also könnte sich nicht im Gleichgewicht erhalten, d. h. seine Fluthen würden sich stets über die ganze Erdfläche ergießen, wofern es nicht zugleich eine im Vergleich mit dem Erdhalbmesser sehr beträchtliche Tiefe hätte, wodurch übrigens auch die mittlere Dichtigkeit der Erde eine ganz andere würde.

Es kann kein Zweifel darüber walten, daß auch das ungleich tiefere Luftmeer der Erde ähnlichen Einflüssen von Sonne und Mond ausgesetzt ist, oder daß es auch eine atmosphärische Ebbe und Fluth gibt. Allein die Rechnung, welcher Laplace jene Einflüsse unterworfen hat, sowie die auf das Meer, wo die theoretischen Ergebnisse so schön mit den Beobachtungen übereinstimmen, hat gezeigt, daß die Wirkung unmerklich gering ist; das Ergebniß war, daß die vereinte Anziehung beider Gestirne im günstigsten Fall am Aequator selbst nur eine Aenderung im Barometerstand zur Folge haben kann, welche den 50sten Theil einer Linie beträgt. Zwar kennt man tägliche Veränderungen des Luftdrucks, welche, da wo sie am stärksten sind, am Aequator, zwei bis drei Zehntheile einer Linie

betragen, allein diese richten sich ganz nach der Sonne und hängen daher ohne Zweifel mit dem Gang der täglichen Erwärmung durch die Sonne zusammen. Ueberhaupt sind bei der Lufthülle die Veränderungen in Folge der wechselnden Temperatur weit die überwiegenden, gegen welche die Einflüsse der äußeren (kosmischen) Massenanziehung so gut als gänzlich verschwinden. Wir kommen daher auf den Standpunkt, die atmosphärischen Veränderungen, die man unter dem Namen Witterungswechsel zusamenfaßt, vielmehr irdischen Wechselwirkungen in Verbindung mit dem Einen kosmischen Einfluß der Wärmestrahlung von Seiten der Sonne zuzuschreiben, und den Einfluß anderer Weltkörper, sei es durch Massenanziehung oder durch andere Kraftäußerungen theils zu läugnen, theils zu bezweifeln. Wir läugnen jedenfalls den Einfluß des Mondes auf die Witterung, so wie er im Volksglauben vorgestellt wird, welcher eben nur vom Eintritt der Hauptlichtgestalten des Mondes entscheidende Witterungswechsel erwartet. Dieser ist dem Kosmos so fremd, wie die gesammte Astrologie, von welcher er in der That ein letzter Rest ist. Hier mag nur bemerkt werden, daß, wenn der wetterumgestaltende Einfluß des Vollmonds oder Neumonds die Folge einer atmosphärischen Springfluth sein sollte, man doch vor allem tägliche Fluthen und Ebben der Luft beobachten müßte (d. h. man müßte vorher die Sache selbst in der Erfahrung nachweisen, ehe man kleine Unterschiede in dieser Sache kennen lernte); dieß ist aber nicht der Fall, im Einklang mit der Theorie, welche als Größtes in der Sache selbst die unmerklich kleine Größe von 0,02 Linien fürs Barometer gibt, wozu noch kommt, daß das Wetter eben da, wo die atmosphärischen Mondsfluthen am stärksten sein müßten, in der Tropenzone gänzlich vom Mond unabhängig ist und sich in der That aus den obengenannten Einflüssen vollkommen herleiten läßt, wie wir im vierten Buch sehen werden. Ferner bemerke man, daß, wenn die mit der Lichtstrahlung des Mondes allerdings ohne Zweifel verbundene Wärmestrahlung es sein sollte, diese wiederum so gering ist, daß sie an keinem wärmemessenden Werkzeug bis jetzt beobachtet werden konnte, übrigens zum

Vorschein hätte kommen müssen, wenn sie auch nur den hundertsten Theil von einem Grad des gewöhnlichen Thermometers betrüge. Endlich ist noch zu erwähnen, daß das Mondlicht allerdings eine chemische Einwirkung auf die empfänglichsten Stoffe, wie Chlorsilber, gezeigt hat, und daß man auch neuerdings einen schwachen Einfluß des Mondes auf die Magnetnadel bemerkt haben will, welcher aber z. B. von dem eines Nordlichts viele hundertmal überwogen wird.

Das Bisherige enthält in der That Alles, was der Kosmos heutzutage von den kosmischen Einflüssen sagen kann, unter welchen die Naturverhältnisse der Erde stehen. Es ist aber auch in der That nicht wenig; die bahnerhaltende Massenanziehung der Sonne und ihre Licht-Wärmestrahlung sind wahrlich zwei der mächtigsten Hebel des Erdenlebens, wozu noch die mannigfaltigen kleinen und langsamen Veränderungen kommen, welche wir unter dem Namen der Störungen kennen gelernt haben, und die großartige, in mehr als einer Beziehung bedeutsame, fortwährende Erregung der Meere. Wir haben jetzt noch eine kosmische Beziehung der Erde zu erwähnen, von welcher aber kaum noch ein in ihr Leben eingreifender Einfluß auch nur geahnt werden kann, es ist die fortschreitende Bewegung der Sonne im Weltraum mit ihrem ganzen System, an der auch die Erde Theil nimmt, wodurch sie, nicht beschränkt auf den Raum ihrer Bahn um die Sonne, der mehr als 42 Millionen Meilen im Durchmesser hat, in immer andere und andere Regionen des Weltraums gelangt. Wohl hat man auch hievon schon allerhand Einflüsse erwartet, die sich in athmosphärischen und anderen Verhältnissen geltend machen dürften, allein wir verzichten auf solche um so eher, als uns die Thatsache selbst merkwürdig genug erscheint.

Das Fortrücken der Sonne ist jetzt Thatsache. Es ist uns schon wahrscheinlich genug, weil auch sie ein frei im Weltraum schwebender Körper ist, es erscheint uns als eine gebieterische Forderung des Gravitationsgesetzes, es ist neuerdings durch Beobachtungen in den Bewegungen der Sterne nachgewiesen, so gut wie die Bewegung der Erde um die Sonne. Wenn die Massenanziehung das ist, was sie ist, so müssen sich auch die

großen Körper, die Sonnen des Weltraums, gegenseitig anziehen, und sich Bewegungen im Weltraum mittheilen. Daß in der That diese Weltkraft auch in der Sternenwelt waltet, das haben die Doppelsterne wiederum thatsächlich gezeigt, von denen wir im nächsten Buche Mehreres zu erzählen haben. Ohne Zweifel steht daher auch die Sonne mit den Sternen im Gravitationsverband; das Wie desselben aber ist noch so gut als unbekannt, so manche Anhaltspunkte dafür auch bereits vorhanden sind. Außer Zweifel ist aber, daß die Sonne wirklich fortrückt und in welcher Richtung die Bewegung gegenwärtig Statt findet. Zu erkennen war dieß an gemeinsamen, scheinbaren Bewegungen der Sterne, nämlich daran, daß die Sterne in der Gegend des Himmels, nach welcher wir uns gegenwärtig mit der Sonne hinbewegen, scheinbar auseinander rücken, gemeinschaftlich von dem Punkt sich entfernend, dem die Sonne sich nähert, in der entgegengesetzten aber scheinbar zusammenrücken, demjenigen Punkt des Himmels gemeinschaftlich sich nähernd, von dem sich die Sonne geradezu entfernt. Diese Erscheinung ist schon von dem älteren Herschel, gründlicher noch neuerdings von Argelander beobachtet. Die Beobachtung hatte aber große Schwierigkeit aus zwei leicht zu ermessenden Gründen. Einmal haben auch sämmtliche Sterne eben so gewiß ihre eigenen Bewegungen wie die Sonne, es galt also diese von der blos scheinbaren, durch die Ortsveränderung des Beobachters erzeugten Bewegung zu unterscheiden, und dieß konnte eben durch Wahrnehmung einer vielen Sternen (in angedeuteter Weise) gemeinsamen Bewegung geschehen. Die andere Schwierigkeit ist aber die außerordentliche Kleinheit, in der uns alle Sternbewegungen wegen ihren ungeheuren Entfernungen selbst noch während größerer Zeiträume erscheinen müssen. Wenn diese Bewegungen auch in einem oder in einigen Jahren sehr große Räume umfassen, so sind dieselben, aus unserer Entfernung beobachtet, doch nur sehr klein, und deßhalb ist auch der Name „Fixsterne" erst seit etwa hundert Jahren durch die Erfahrung selbst widerlegt worden. Was nun die Beobachtungen mit überwiegender Wahrscheinlichkeit ergeben haben, ist dieß, daß die Sonne im laufenden Jahrhundert nach einem Punkt im Sternbild des Herkules

links von dem hellen Stern der Krone sich hinbewegt. Dieß ist aber auch Alles; denn was man von hier aus weiter über den wahrscheinlichen Mittelpunkt dieser Bewegung und über das Sternsystem, von welchem die Sonne ein Glied wäre, geschlossen hat, gehört noch keineswegs ins Gebiet der Thatsachen.

Wie also der Mond um die Erde sich bewegt und mit dieser um die Sonne dergestalt, daß seine jährliche Laufbahn um die der Erde wellenförmig sich herschlingt, nach entgegengesetzten Seiten von derselben ausbiegend: so schlingt sich die Erdbahn um diejenige her, in welcher die Sonne um einen noch unbekannten Mittelpunkt sich bewegt. Und so häufen sich überhaupt Umläufe auf Umläufe (epicycloidische Bewegung). Welch eine verwickelte Häufung von Umläufen bildet die Bewegung des einzelnen Erdorts, von welchem wir sofort den uns überhaupt zugänglichen Theil des Weltalls in der Vogelperspective aufnehmen wollen! So durchläuft z. B. Stuttgart täglich seinen Parallel von ungefähr 4000 Meilen im Umfang, legt zugleich mit der ganzen Erde auf dem dritthalbhundert Millionen Meilen betragenden Weg um die Sonne ungefähr 300000 Meilen zurück, überdieß endlich mit dem ganzen Sonnensystem eine noch unbekannte Strecke um einen noch unbekannten Mittelpunkt. Wenn man schon Näheres hierüber behaupten zu können glaubte, wenn z. B. Struve angibt, die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems betrage jährlich etwas über $1^3/_5$ Sonnenweiten oder zwischen 29 und 38 Millionen Meilen, oder wenn Mädler gar den Mittelpunkt nicht nur, sondern selbst die Umlaufszeit und die bewegende Kraft herausbringt, wornach die Sonne um den Centralstern Alcyone des Siebengestirns in einer Entfernung von 170 Sternweiten mit einer Geschwindigkeit von 8 Meilen in der Sekunde (doppelt so groß, als die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne) in der Zeit von mehr als 18 Millionen Jahren unter dem Einfluß einer anziehenden Kraft sich bewegte, welche die der Sonne 117 Millionenmal überträfe: so beruht dieß theils auf reinen Hypothesen, theils auf Ueberschätzung der vorliegenden astronomischen Beobachtungen, und verdient gar keinen Glauben.

So viel ist gewiß, daß die Ursache von der Bewegung un-

seres Sonnensystems in der Gravitation der Sonnen gegen einander liegen muß, und daß dadurch die Erde wiederum ein Glied eines höheren Systems ist. Daß überhaupt die Sterne mannigfaltige Gravitationssysteme bilden, welche auf mannigfaltige Weise einander übergeordnet sein mögen, wer möchte daran zweifeln? Aber wer vermöchte auch zur Stunde diese Systeme verschiedener Ordnungen anzugeben, namentlich mit welchen Sternen die Sonne etwa zunächst ein Sternsystem erster Ordnung bildet, wie sich dann dieses mit anderen derselben Ordnung wieder zu einem höheren System, einem System zweiter Ordnung gruppirt, wie weit diese Gruppirung endlich fortgeht? Zur Zeit läßt sich, abgesehen von den physischen Doppelsternen und etwa noch ein paar größeren Gruppen, durchaus nicht angeben, welche Sterne gerade mit einander in einem besonderen Gravitationsverband stehen, um Sondersysteme innerhalb der Fixsternwelt zu bilden nach Art unserer Mondenwelten, noch läßt sich neben solchen theilweisen Verbindungen ein allgemeiner Verband der Fixsterne zu einem großen Sternsystem nachweisen, höchstens vermuthen. Hinsichtlich der Sonne (und somit zugleich hinsichtlich der Erde) kann man etwa noch zweierlei mit einiger Sicherheit behaupten. Einmal, daß die Sonne mit keinem anderen Stern in einer Doppelsternverbindung steht, da sie hiefür von allen Nachbarsternen zu weit entfernt zu sein scheint, sowie daß sie mit ihren Nachbarsonnen kein kleineres Sondersystem bildet, da hiefür die bis jetzt bekannten Bewegungen zu groß zu sein scheinen. Alsdann aber kann man behaupten, daß die Sonne jedenfalls ein Glied eines ungeheueren Ganzen ist, zu dem alle uns rings vereinzelt und zerstreut umgebenden Sterne gehören, aber auch die sogenannte Milchstraße, eines Ganzen, welches sich entschieden aus dem übrigen Weltall, so weit wir dasselbe übersehen, aussondert und welches wir daher auch unser Sternsystem oder unsere Sternschicht dem heutigen Gebrauche gemäß nennen werden. Womit aber keineswegs gesagt wird, daß die Sonne ein unmittelbares Glied dieses mächtigen Sternsystems, oder daß es ein System erster Ordnung sei. Wir behalten aber alles Weitere hierüber dem zweiten Buche vor, oder der Naturgeschichte des Himmels, zu der wir nun übergehen.

Zweites Buch.

Naturgeschichte des Himmels.

Oberfläche; Sonnenflecken, Axenbrehung, Lichthülle und Atmosphäre der Sonne. — Die Planetenregionen und die Planetennatur; die innere, mittlere und äußere Planetengruppe, durchgreifende Verschiedenheiten und wesentliche Uebereinstimmungen der Planeten in Bahnen, Axenbrehungen, Massen und Oberflächen; Planetenatmosphären, Marsflecken, Jupitersstreifen. — Die Sondersysteme und die Mondsnatur; der Saturnsring. — Die Kometennatur und die kosmischen Polarkräfte; Bahnen Massen, Störungen der Kometen; Stoff der Kometen und seine Ausströmungen. — Bau und Ursprung des Sonnensystems; Alleinherrschaft der Sonne, Grundebene und Gränzen des Sonnensystems; die Laplacesche Hypothese über den Urzustand und die Planetenbildung, die Olberssche über die Entstehung der Kleinplaneten.

VIII. **Die Region und das System der Erde.** — Der Erdmond; Besonderheiten seiner Bewegung um die Erde und seiner Axenbrehung; Mangel an Luft, Wasser, Feuer und Leben; die Einzelheiten seiner Oberfläche. — Das Thierkreislicht, nicht zur Sonnenatmosphäre gehörig, sondern ein besonderer Nebelring in der Erdregion. — Die Asteroiden der Erdregion; Meteorsteine, Sternschnuppen und Feuerkugeln als zusammenhängende kosmische Erscheinungen; die periodischen Sternschnuppenschwärme.

V.

Der uns zugängliche Weltraum mit seiner Stofferfüllung.

Nachdem wir uns nun mit der Erde im Weltraum zurechtgefunden und die kosmischen Beziehungen der Erde, so weit sie bekannt sind, uns vorgehalten haben, gilt es nunmehr das kennen zu lernen, was bis jetzt im Weltraum von diesem Standpunkt aus beobachtet und erforscht worden ist. Dabei beginnen wir mit dem Allgemeinsten und steigen von da an wieder zu unserer Erde herab. Dieses Allgemeinste aber ist nicht das Weltall, denn von diesem als einem Ganzen haben wir keine erfahrungsmäßige Vorstellung und können keine haben, weil das Unendliche nur in der Idee, nicht aber in der Erfahrung sich erfassen läßt. Raum aber und Zeit und Materie sind nicht anders, denn als schlechthin unendlich zu denken; dieser Gedanke darf uns nie verlassen, wenn wir vom All sprechen. Es kann sich also vielmehr nur um ein begränztes Stück des Weltalls handeln, welches uns zugänglich ist, auch wenn wir unsere Augen mit den stärksten Gläsern bewaffnen, um den uns zugänglichen Theil des Weltraums, welcher in der Unendlichkeit wie ein Punkt verschwindet sammt Allem was er enthält. Die Gränzen unserer Weltraumsgegend sind aber durch die Entfernungen gesteckt, bis in welche Gegenstände sich wahrnehmen lassen, und die Wahrnehmbarkeit hat mit der Entfernung ihre Gränzen eben so sehr von Seiten der, wenn auch noch so bewaffneten Sehkraft, als von Seiten des Lichts, welches uns mit den Gegenständen vermittelt.

Mit was anderem können wir aber nun die Naturgeschichte des Himmels oder die Beschreibung des uns zugänglichen Welt-

raums beginnen als mit dem Licht, und in der That werden wir mit demselben auch die allgemeinste Stofferfüllung des Weltalls kennen lernen, so wie man umgekehrt den einen der wichtigsten Aufschlüsse über die Natur des Lichts aus dem Weltraum geholt hat. Es ist die allmälige Fortpflanzung des Lichts, eine Thatsache, welche wir vor Allem näher zu erläutern haben.

Eine der ersten Früchte des neuerfundenen Fernrohrs waren die vier Monde des Planeten Jupiter, und sie wurden alsbald der Gegenstand fleißiger Beobachtungen, zumal ihre Verfinsterungen durch den mächtigen Schatten des großen Planeten, da man darin ein passendes Mittel zur Bestimmung des Unterschieds der Uhrzeiten zweier Erdorte, mithin ihrer geographischen Länge erblickte. Es sind sehr häufige Ereignisse, der nächste Trabant z. B. tritt bei jedem seiner nur etwas über 1½ Tage betragenden Umläufe in den Jupitersschatten. Innerhalb der Zeit von 398 Tagen, also fast im Verlauf eines Jahrs, kommt Jupiter in alle mögliche Stellungen zur Erde in Beziehung auf die Sonne (Gegenschein, Zusammenschein und beide Geviertscheine); diesen entsprechen die verschiedenen Entfernungen dieses Planeten von der Erde (beziehungsweise die kleinste, die größte und zweimal die mittlere), und die letztere (im Betrag von 105 Millionen Meilen oder 5 Sonnenweiten) ist um den Halbmesser der Erdbahn oder um 1 Sonnenweite kleiner als die größte, und um eben so viel größer als die kleinste Entfernung Jupiters von uns. Nachdem nun die Gesetze der Bewegung bekannt geworden waren, pflegte man auch die Finsternisse der Jupiterstrabanten vorauszuberechnen, und da trat, zur großen Verlegenheit der Astronomen, der auffallende Umstand ein, daß diese Ereignisse immer um ein Beträchtliches später eintrafen, als die Vorausberechnung angab. Und zwar blieb sich die Verspätung nicht gleich, sondern durchlief während jener 398 Tage eine Reihefolge verschiedener Werthe, nämlich zwei mittlere (ungefähr 41 Minuten), einen größten (um 8¼ Minute größer als der mittlere) und einen kleinsten (um eben so viel kleiner als der mittlere Betrag der Verspätung). Die Hauptsache

aber war, daß die kleinste Verspätung bei den Finsternissen um die Zeit des Gegenscheins, also bei der kleinsten Entfernung Jupiters von der Erde statt fand, die größte bei den Finsternissen um die Zeit des Zusammenscheins, also bei der größten, die mittlere aber zur Zeit der Geviertscheine oder bei der mittleren Entfernung Jupiters. Daraus folgte offenbar, daß die Verspätungen von den Entfernungen abhängen; aber eines Gedankenblitzes bedurfte es, um mit dem dänischen Astronomen Römer, zu Ende des 17. Jahrhunderts, auszusprechen, diese Abhängigkeit beruhe darauf, daß das Licht eine Zeit braucht, um eine gewisse Entfernung zu durchlaufen, und zwar, gemäß jenen Angaben, 8¼ Minuten zu einer Sonnenweite. Wir sehen also den Trabanten, nachdem er bereits in den Jupitersschatten eingetreten ist, noch so lange, als das Licht, welches er im Augenblick des Eintritts aussendete, braucht, um bis in unsere Augen zu gelangen; und desgleichen sehen wir den Trabanten, nachdem er bereits wieder aus dem Schatten getreten ist, noch so lang nicht, als das Licht, das er im Augenblick des Austritts aussendet, Zeit braucht, um bis zur Erde sich fortzupflanzen. Brachte man nun diese Zeit nach Maßgabe der jedesmaligen Entfernung in Rechnung, so gehorchten die Finsternisse der Jupiterstrabanten der Vorausberechnung auf's Vollkommenste.

Diese außerordentliche Geschwindigkeit, vermöge der das Licht in einer Sekunde Zeit gegen 42000 Meilen zurücklegt (oder ungefähr ⅘ von der Entfernung des Monds von der Erde), ist gleichwohl sehr mäßig für die ungeheuren Weiten der Fixsterne, und giebt hier zu merkwürdigen Betrachtungen Anlaß. Wir haben uns bereits überzeugt, daß auch der nächste Fixstern zum mindesten über 200000 Sonnenweiten entfernt sein muß, eine Entfernung, welche man deßhalb eine Sternweite zu nennen pflegt (als die Gränze, welche die wirklichen Entfernungen stets noch übertreffen). Von einem Weltkörper in dieser Entfernung brauchte also das Licht 200000mal länger als von der Sonne, um in unsere Augen zu gelangen, d. h. über drei Jahre, oder wir erhalten von dem-

selben stets Licht, welches seit mehr als drei Jahren unterwegs war. Wir sehen ihn daher stets so, wie er vor diesem Zeitraum war, jede von uns aus überhaupt sichtbare Veränderung, die mit ihm vorgeht, kommt erst nach drei Jahren zu unserer Erkenntniß, und wenn er heute plötzlich erlösche, so würden wir ihn noch drei Jahre hindurch mit seinem heutigen Glanz leuchten sehen. Wir haben uns aber ferner überzeugt, daß die verschiedenen Sterne auch sehr verschiedene Entfernungen haben müssen; wir haben schon Gebilde des Himmels erwähnt, gegen welche eine Sternweite selbst nur eine kleine Größe sein muß. Denken wir uns einen Stern in der noch mäßigen Entfernung von 200 Sternweiten, so braucht das Licht mehr als 6 Jahrhunderte von ihm zu uns, und wir sehen ihn also stets in seinem Zustand vor 600 Jahren. Es darf aber kaum bezweifelt werden, daß Vieles von dem, was uns das Fernrohr am Himmel zeigt, so weit entfernt ist, daß eben so viele Jahrtausende vergehen, bis das Licht von da zur Erde gelangt, ja bei manchen Gegenständen hat man schon an Millionen von Jahren gedacht. Daraus folgt, daß unser Blick, indem er in die unermeßlichen Weiten des Weltraums dringt, zugleich in altersgraue Zeiten zurückgeht, weiter zurück als alle geschichtlichen Denkmäler auf Erden. Es folgt ferner, daß wir Ungleichzeitiges am Himmel sehen, den einen Gegenstand so, wie er vor Jahrzehnten, den anderen so, wie er vor Jahrhunderten, und einen dritten so, wie er vor Jahrtausenden war. Wären uns alle diese Entfernungen wirklich bekannt, so könnten wir ein langes Verzeichniß von Jahrgängen bis weit über die Anfänge der Menschengeschichte hinaus anordnen und bei jedem die Weltkörper anmerken, die wir in dem Zustand sehen, welchen sie in diesen Jahrgängen hatten.

Ungefähr ein halbes Jahrhundert nach Auflösung des Räthsels, das die Jupiterstrabanten dargeboten hatten, wurde eine Erscheinung an den Fixsternen wahrgenommen, welche ebenfalls von der allmäligen Fortpflanzung des Lichts herrührt. Man bemerkte nämlich, daß das ganze Heer des Himmels die Erde auf ihrem Weg um die Sonne gleichsam begleitet, indem jeder

Stern eine kleine Ellipse gleichlaufend mit der Erdbahn zu beschreiben scheint. Sie ist sehr klein und konnte daher erst bei dem in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erfolgten großen Aufschwung der astronomischen Beobachtungskunst gemessen werden; denn ihr größter Durchmesser wird nur unter dem winzig kleinen Sehwinkel von 40 Sekunden erblickt, er ist aber bei allen gleich groß, zum deutlichen Zeichen, daß die Bewegung blos eine scheinbare ist, herrührend von der jährlichen Bewegung der Erde, und ein Abbild derselben. Die merkwürdige Erscheinung war aber nicht parallactisch zu erklären, d. h. aus der scheinbaren Ortsveränderung, die von der Ortsveränderung des Beobachters herrührt. Denn diese müßte ja schon nach der Entfernung des beobachteten Gegenstands verschieden groß sein, mit anderen Worten, die parallactische Ellipse könnte nur bei gleichweit entfernten Sternen unter demselben Gesichtswinkel erscheinen, während die beobachtete bei allen die nämliche Länge hatte; überdieß aber müßte die parallactische Ellipse der Sterne ein Spiegelbild der Erdbahn sein, d. h. der Stern müßte dann am weitesten links von ihrem Mittelpunkt stehen, wenn die Erde von der Sonne am weitesten rechts steht; er müßte überhaupt immer an demjenigen Punkt seiner scheinbaren Bahn sich befinden, welcher dem entgegengesetzt, oder um 180 Grad, um ein Halbjahr von dem verschieden ist, den die Erde in ihrer Bahn annimmt, während er in der Wirklichkeit blos um 90° in seiner Bahn verschoben erscheint und immer die Stellung hat, die vermöge der Parallaxe ein Vierteljahr früher eintreffen müßte. Diese Erscheinung ist die von Bradley entdeckte Aberration der Fixsterne, eine Verschiebung unserer Gesichtslinie nach den Sternen, welche auf der Geschwindigkeit des Lichts im Verhältniß zu derjenigen der Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne beruht und darum so klein ist, weil die letztere von der ersteren ungefähr 10000mal übertroffen wird.

Um dieß einzusehen, errinnern wir an Bessels Darstellung dieser etwas schwierigeren Sache. Die Richtung, in welcher ein Gegenstand erscheint, ist durch die gerade Linie gegeben, in welcher das von dem Gegenstand kommende Licht sich bewegt. Diese ist aber mit der geraden Linie von dem Gegenstand nach

dem Auge, oder mit der Richtung, in welcher der Gegenstand sich wirklich befindet, keineswegs einerlei, wenn das Auge mit einer Geschwindigkeit sich bewegt, welche gegen diejenige des Lichts nicht geradezu verschwindend klein ist (was unter allen irdischen Geschwindigkeiten blos von der durchschnittlich 4 Meilen in der Sekunde betragenden Geschwindigkeit der Erde bei ihrer jährlichen Bewegung gilt). Offenbar geht die Linie, welcher entlang das Licht von einem festen Sterne läuft, gerade auf den Stern zu, wenn sie ruht; aber eben so offenbar geht sie nicht auf ihn zu, wenn sie sich selbst bewegt, nämlich mit dem Beobachter. Denn das Licht, welches sich jetzt am Auge und damit in der von ihm ausgehenden geraden Linie nach dem Stern (d. h. der wahren oder der eigentlichen Gesichtslinie) befindet, ist einen Augenblick zuvor, als das Auge noch nicht an dem Punkt war, wo es sich jetzt befindet, auch noch außer der mit dem Auge bewegten, gerade auf den Stern zugehenden Linie, und folglich muß der Linie, welcher entlang das Licht laufen soll, welche also die Richtung, in welcher der Stern erscheint, angeben soll, eine andere, vorwärts am Stern vorbeigehende Richtung gegeben werden; gleichwie derjenige, der von einem Schiff aus einen festen Gegenstand am Ufer treffen will, nicht in der geraden Linie von seinem Auge nach dem Gegenstand zielen darf, sondern in einer anderen, die auf dem Verhältniß der Geschwindigkeiten des Schiffs und des Geschoßes beruht. Daher macht jene scheinbare Gesichtslinie, in welcher wir den Stern wirklich wahrnehmen, einen, wenn auch sehr kleinen Winkel mit der wahren Gesichtslinie, welche jedesmal vom Auge nach dem wahren Ort des Sterns geht, in welcher wir ihn aber nicht wirklich sehen können. Berechnet man nun den Unterschied dieser beiden Richtungen aus dem Verhältniß der Geschwindigkeiten des Lichts und der Erde, so beträgt er genau so viel als die Beobachtungen der Aberration ergeben; und umgekehrt, wenn man aus dem Betrag dieser scheinbaren Bewegung der Sterne der entwickelten Theorie gemäß auf die dabei vorausgesetzte Geschwindigkeit des Lichts zurückschließt, so findet man genau den aus den Finsternissen der

Jupiterstrabanten gefolgerten Werth derselben. So unterstützen sich also beide Wahrnehmungen gegenseitig, und überdieß liefert die Aberration einen unmittelbaren Beweis von dem Umlauf der Erde um die Sonne, indem sie die Erdbahn am Himmel gleichsam in unzähligen Exemplaren abzeichnet.

Die Entdeckung von der allmäligen Fortpflanzung des Lichts war zugleich einer von den wichtigsten Aufschlüssen, die wir über die Natur des Lichts erhalten haben. Der andere ist die Wahrnehmung der Erscheinungen, welche man in dem Namen der Interferenz des Lichts begreift, die Wahrnehmung der Thatsache, daß unter gewissen Umständen Licht zu Licht hinzugethan, anstatt sich zu verstärken, sich abschwächt, ja aufhebt. Dieß hat nämlich unwiderstehlich zu der Ansicht geführt, daß das Licht nicht sowohl in einem an und für sich leuchtenden Stoff, als vielmehr in einer Bewegung bestehen müsse; denn dann ist Ruhe Finsterniß, und Ruhe kann dadurch hervorgebracht werden, daß an einem und demselben Punkt oder Raumtheil gleich große, einander entgegengesetzte Bewegungen erregt werden. An was für eine Bewegung man aber zu denken habe, das gab die Vergleichung mit derjenigen Bewegung an die Hand, in welcher der Schall besteht. Es bietet ja die Schallstrahlung so viele Aenlichkeiten und gemeinschaftliche Gesetze mit der Lichtstrahlung dar, die allmälige Fortpflanzung selbst, die Zurückwerfung, und namentlich auch Interferenz. Die Schallbewegung ist aber eine schwingende Bewegung der Theilchen des schallenden Körpers, die Schwingungen derselben theilen sich der umgebenden Luft mit und pflanzen sich zum Ohr fort, wo sie den Gehörnerven in eben solche Schwingungen versetzen, welche zunächst die Gehörempfindung vermitteln. An eine eben solche schwingende und wellenförmig sich fortpflanzende Bewegung war also beim Licht zu denken; nur eine solche erklärt vor allem die Interferenz-Erscheinungen. — Auf der anderen Seite aber mußte beim Licht Alles der Größe nach anders sein. Das Licht pflanzt sich in einer Sekunde durch 42000 Meilen fort, der Schall nur durch 1050 Pariser Fuß. Beim Schall erzittern kleine aber noch sichtbare Körpertheilchen oft noch sichtbar, so daß von 32 Schwin-

gungen bis zu zehntausenden in einer Sekunde erfolgen; beim Licht müssen es die kleinsten Körpertheile sein, die Atome, welche im chemischen Prozeß auseinander- und zusammentreten, die auch dem schärfsten Vergrößerungsglas durch ihre Kleinheit sich entziehen, und eben so unwahrnehmbar klein müssen deren Schwingungen sein, in denen das Licht besteht, aber um so rascher, dergestalt, daß sie billionenweise in der Sekunde erfolgen. Beim Schall erfolgt die Fortpflanzung durch die Mittheilung der Schwingungen an die umgebende wägbare Materie, namentlich an die Luft, und im luftleeren Raum pflanzt sich kein Schall mehr fort. Beim Licht dagegen muß das Mittel der Fortpflanzung ein allgemein im Weltraum verbreiteter, alle anderen Stoffe und Körper durchdringender Stoff von äußerster Feinheit sein, unsperrbar und unwägbar für uns, der sogenannte Aether (den man von den chemischen Aethern wohl unterscheiden muß).

So hat sich die Ansicht vom Licht gebildet, die Lichtwellenlehre, der heutzutage alle Sachverständigen huldigen, wornach das Licht in einer Bewegung besteht, ähnlich derjenigen, wodurch der Schall hervorgebracht wird, einer Bewegung, worin die Atome der Leuchtkörper in ausnehmend raschen Schwingungen begriffen sind, die vom Ort der Erregung oder vom Leuchtkörper aus vermittelst des allgemeinen Weltäthers im Raum mit außerordentlicher Geschwindigkeit nach Art der Wellen im Wasser sich fortpflanzt, und die von demselben Aether durchdrungenen Körper, denen sie auf ihrem Wege begegnet, sei es bloß an der Oberfläche, sei es durch und durch, ergreift, so unter anderem auch die Fasern des Sehnerven, durch deren Mitschwingung die Empfindung des Lichts entsteht. Dieß ist ein Prinzip, wovon alle Gesetze des Lichts mathematische Folgerungen sind, wie die Gesetze der Weltkörperbewegungen von dem Gravitationsprinzip; ein Prinzip, wodurch es möglich geworden ist, die optischen Erscheinungen nach Art und Maß durch Geometrie und Rechnung herzuleiten, im schönsten Einklang mit der wirklichen Beobachtung, gleichwie man die Bewegungen der Weltkörper voraus berechnet; ein Prinzip, wodurch mit Einem Wort eine Mechanik des Lichts hergestellt worden ist, eine ebenbürtige

Schwester von der Mechanik des Himmels. Es gehört aber nicht zur Aufgabe des Kosmos, näher hierauf einzugehen, und wir bemerken nur noch, daß, gleichwie die verschiedenen Töne durch die verschiedene Geschwindigkeit der für jeden einzelnen gleich lang dauernden Schallschwingungen entstehen, so die jedesmalige Geschwindigkeit der ein gleiches Zeitmaß haltenden Lichtschwingungen den Grund der entstehenden Farbe enthält, und daß gleichwie durch regellose Vermischung verschieden schneller Schallschwingungen der tonlose Schall, so durch ebenmäßige Vermischungen verschieden schneller Lichtschwingungen das farblose Licht hervorgebracht wird, das um so mehr dem reinen Weiß entspricht, je ausgleichender die Farbenvermischung vor sich gegangen ist.

Was aber in dieser Lehre für den Kosmos bedeutsam ist, das ist der allgemeine Weltäther, den sie fordert. Das Licht führt uns zu dem allgemeinsten Stoff des Weltalls, der die Räume zwischen den Weltkörpern erfüllt, und diese selbst durchdringt, indem er ebenso die Räume zwischen den Körperatomen (die Poren) erfüllt, wie die zwischen den Weltkörpern; ein Stoff, der sich somit nicht absperren läßt, wie ein Gas, weil ihm die Poren der gröberen Materie zugänglich sind, der ferner unseren Wagen nicht merklich ist, weil er für sie zu fein ist, nicht als ob er vom Gesetz der Massenanziehung entbunden wäre, vielmehr müssen wir ihn in und an den Körpern als durch Anziehung verdichtet voraussetzen, dergestalt, daß z. B. der einen Krystall durchdringende Aether ganz dessen Atomenbau sich anschließt. Wir behaupten nicht, daß das Licht das Vorhandensein dieses Aethers beweise im vollen Sinne des Worts; dazu müßte die Lichtwellenlehre mehr als eine, wenn auch noch so wahrscheinliche Hypothese sein. Aber finden sich nicht auch andere Spuren von seinem Vorhandensein? Er muß der Bewegung der Weltkörper einen Widerstand entgegensetzen, gleichwie die Luft den geworfenen Körpern; allein dieser Widerstand muß wenigstens bei allen Planeten so klein sein, daß, obwohl er immer vorhanden sein mag, bis jetzt kein Einfluß merklich geworden ist. Wohl aber hat man bei einem der wiederkehrenden Kometen eine Störung wahrgenommen, welche durch den Widerstand eines

Aethers sich erklären läßt. Indeß wollen wir auch auf diese Theorie des Enckeschen Kometen, worauf wir im siebenten Abschnitt zurückkommen werden, kein zu großes Gewicht legen, weil sich auch noch andere Erklärungen denken lassen. Um so nachdrücklicher aber wollen wir zunächst allen denen, welche an einer allgemeinen Stofferfüllung des Weltraums zweifeln möchten, die Frage entgegenhalten, ob sie sich lieber den schlechthin leeren Raum vorstellen wollen und ob sie sich Gränzen zwischen dem leeren Raum und den Atmosphären der Weltkörper denken können? Wir zweifeln nicht daran, sondern glauben, daß wir hiemit den ersten Schritt zur Einsicht in die Stofferfüllung des Weltraums gemacht haben; wir werden indeß weiter unten noch etwas beibringen, was auf einen Weltäther fast eben so nachdrücklich hinweist, wie die Undenkbarkeit des leeren Raums. Zuvor müssen wir nämlich von der sichtbaren Materie handeln, von dem Grobstoff, den wir zerstreut in dem uns zugänglichen Theile des Weltraums wahrnehmen mittelst des Lichts, welches er ausstrahlt.

Nur wenige Weltkörper sehen wir in erborgtem Licht; es sind die, welche in unsere nächste Nähe gehören, unsere Mitplaneten und Mitmonde. Wir wissen dieß bei mehreren ganz bestimmt, aus Thatsachen, wie die Lichtgestalten der Planeten, ähnlich denen des Monds, die Vorübergänge der unteren Planeten vor der Sonnenscheibe in Gestalt dunkler Flecken, Beschattung der oberen Planeten (wie des Jupiter und Saturn) durch ihre Monde oder Ringe, und wo uns solche bestimmte Anhaltspunkte fehlen, folgern wir es durch Aehnlichkeitsschluß. Indeß hat die genauere Kenntniß der Eigenschaften des Lichts, welche erst unserem Jahrhundert aufgegangen ist, noch ein allgemeineres Prüfungsmittel an die Hand gegeben, um zu erkennen, ob ein Weltkörper mit erborgtem oder mit eigenem Licht leuchtet. Erborgtes, also zurückgeworfenes Licht wird durch die Zurückwerfung mehr oder weniger verändert, dergestalt, daß es sich sofort bei weiteren Zurückwerfungen sowie bei Brechungen in manchen Hinsichten anders verhält, als unmittelbares, ursprüngliches Licht, namentlich nicht zurückgeworfen oder nicht durchge-

lassen wird, wo dieß bei unmittelbar gestrahltem Licht Statt findet. Dieß versteht man im Allgemeinen unter polarisirtem Licht, und die Polarisationsvorrichtungen können daher so benützt werden, um Aufschlüsse über die Natur des Lichts zu geben, das die verschiedenen Weltkörper uns zusenden. So hat man an Planeten und selbst an Kometen erkannt, daß sie mit zurückgeworfenem Sonnenlicht, wenigstens der Hauptsache nach, leuchten, während das Licht der Firsterne, das nie eine Spur von Polarisation zeigt, sondern sich stets wie das Sonnenlicht verhält, eigenes Licht sein muß. Daß übrigens die sogenannten Firsterne sonnenhafter Natur sein müssen, wie wir es schon früher ausgesprochen haben, folgt nicht minder dringend schon aus ihrer ungeheuren Entfernung, vermöge der sie sich als bloße Lichtpunkte darstellen. Ein Körper aber, welcher seiner Entfernung wegen so klein erscheint, könnte gewiß gar nicht gesehen werden, wenn er nicht mit eigenem sonnenhaftem Licht strahlte, daher wir allen Gegenständen, deren Entfernung nach Sternweiten zu bemessen ist, eigenes Licht zuschreiben müssen, und keinen an sich dunkeln Körper außerhalb unseres Sonnensystems sehen können, wie groß er auch sein möchte und wie gut von anderen beleuchtet.

Das Vorhandensein solcher dunkler Sternkörper ist damit nicht verneint; nicht nur mag kaum bezweifelt werden, daß das Planetensystem der Sonne in sehr zahlreichen Exemplaren in der Firsternwelt sich wiederholt, sondern man darf auch an dunkle Weltkörper von sonnenhafter Größe (an dunkle Firsterne) denken. Ja man hat auch schon daran gedacht, und aus der Anziehung, die sie auf benachbarte sichtbare Sterne ausüben könnten, gemäß kleinen Bewegungen der letzteren, auf ihr Dasein schließen zu dürfen geglaubt. Doch sind diese Wahrnehmungen zur Zeit noch zu unsicher, um mehr als die Möglichkeit solcher Körper aussprechen zu können. Der Gedanke an die unsichtbaren Weltkörper, welche in unserem Stück Weltall vorhanden sein mögen, darf aber dem Kosmos nicht fremd bleiben, wenn er sich nicht über die Menge und Natur des Vorhandenen zu täuschen Gefahr laufen will.

Die Anzahl der mit bloßem Auge sichtbaren (und unterscheidbaren) Sterne ist so groß nicht, als es scheinen möchte. Nach Argelander gibt es in dem Theil des Himmels, den man im nördlichen Deutschland übersieht, oder vom Nordpol bis zum 36sten Grad südlicher Abweichung, 3256 Sterne fürs bloße Auge, und wenn man für die zwei übrigen bei uns unsichtbaren Zehntheile des scheinbaren Himmelsgewölbes nach Verhältniß 844 hinzurechnet, so hat man 4100 Sterne, welche am ganzen Himmel einem Auge von mittlerer Sehkraft sichtbar sind, eine Anzahl, die man etwa auf 6000 für ein sehr scharfes Auge erhöhen darf. Da man nun selbst am Aequator auf einmal nur die Hälfte des Himmels vor sich hat, so sind in einer hellen tiefen und mondscheinlosen Nacht nirgends auf Erden mehr als 2000 bis 3000 Sterne (d. h. je nach der Güte des Augs) auf einmal sichtbar. Die Anzahl dünkt dem Auge größer wegen der unregelmäßigen Vertheilung, wegen der Gruppen dichtstehender Sterne, die es hin und wieder wahrnimmt; es ahnt wohl auch mehr Sterne, weil es die kleinsten, d. h. lichtschwächsten erst bei geschärfter Aufmerksamkeit gleichsam auftauchen sieht. Nimmt man den rund am Himmel herumziehenden Streifen von weißlichem Schimmer, der unter dem Namen der Milchstraße von Alters her bekannt ist, hinzu, überdieß einige wenige Stellen des Himmels, welche bei viel beschränkterem Raum und schwächerem Licht ein milchstraßenhaftes Aussehen zeigen, so hat man Alles, was das bloße Auge am Himmel wahrnimmt. — Was überhaupt am Himmel das Aussehen der Milchstraße hat, begreift man in dem weitesten Sinn, der dem Namen Nebel (Nebelfleck) zukommt. Die Milchstraße ist in der That fürs bloße Auge ein Nebel, für uns der größte des ganzen Himmels, unser Nebelfleck. Das nächstgrößte und mit bloßem Auge gut sichtbare Gebilde der Art sind die bei uns unsichtbaren, in der Nähe des Südpols befindlichen Kapwolken oder Magellanischen Wolken; bei uns sind der unter dem Namen der Krippe längst vor dem Fernrohr bekannte leuchtende Fleck im Sternbild des Krebses und der „milchige" Nebel im Sternbild der Andromeda diejenigen Nebel, welche dem Auge am ehesten auffallen. Den Uebergang

dazu (der Erscheinung nach) machen Sterngruppen, wie die des Siebengestirns, wo schon das bloße Auge bei geschärfter Aufmerksamkeit noch weit mehr Sterne wahrnehmen kann, als diejenigen, welche der Gruppe den Namen gegeben haben.

Wie sehr hat aber das Fernrohr die Gegenstände des Himmels nach beiden Gattungen, der Sterne wie der Nebel, vermehrt! und das stärkere Fernrohr späterer Zeiten wieder das, was das schwächere der früheren Zeiten wahrgenommen hatte! Doch sind es hauptsächlich zwei Epochen, die wir in der Erweiterung unserer Weltallsaussicht zu unterscheiden haben; die Epoche der ersten Fernrohre, die sich vorzugsweise an den Namen Galiläis knüpft, und die Epoche der Riesenfernrohre, die mit W. Herschel ins Dasein treten. „Wahrhaftig ein großes Ereigniß, sagt Galiläi über den Erfolg des Fernrohrs in der Fixsternwelt, daß zu der beträchtlichen Anzahl der Fixsterne, welche bisher durch die natürlichen Mittel wahrgenommen werden konnten, nunmehr unzählige andere Sterne hinzukommen, daß man jetzt Sterne gewahr wird, die noch kein Auge gesehen und deren Anzahl wenigstens zehnmal größer sein muß, als die der altersher bekannten Sterne; und eine Thatsache von ungemeiner Wichtigkeit ist es, daß nun endlich dem Streit über die Natur der Milchstraße ein Ziel gesetzt worden ist.“ Das erste Fernrohr hatte nämlich den Nebelschimmer der Milchstraße bereits, zum Theil wenigstens, in einzelne Lichtpunkte aufgelöst, und somit darin die vereinte Wirkung des Lichts zahlloser, scheinbar dichtgedrängter Sterne erkennen lassen, gleichwie die Bäume eines fernen Walds, die dem bloßen Auge als eine gleichartige Masse sich darstellen, im Fernrohr auseinandertreten. Eben so zeigte sich die Krippe im Krebs als ein Sternschwarm, und der schon erwähnte Andromedanebel, so wie der nicht minder ausgezeichnete Orionnebel wurden nun näher telescopisch beschrieben, ohne daß aber diese Gebilde in Sterne sich auflösten, was sogar beim einen, dem letzteren, erst in neuester Zeit, und zwar nur theilweise, erfolgt ist. Doch wir wollen nicht vorgreifen, vielmehr zunächst noch an die übrigen Erfolge des ersten Fernrohrs erinnern. Bedenkt man, daß auch in unserer näheren

Nähe neue Weltkörper entdekt wurden, die Monde des Jupiter, der Ring des Saturn, daß die übrigen in anderer Gestalt als bisher sich zeigten, die Planetenscheiben, die Lichtgestalten der Venus, daß endlich die beiden großen Scheiben ihre Einzelheiten entfalteten, der Mond die Unebenheiten seiner Oberfläche, die Sonne ihre Flecken und Fackeln: so kann man ermessen, welche Theilnahme zu Anfang des 17ten Jahrhunderts die neu erschlossene telescopische Welt hervorbringen mußte.

Hatte das bloße Auge nur wenige Tausende von Sternen und außer der Milchstraße nur einige Exemplare von den Nebelgebilden vor sich gehabt, hatten alsdann die ersten schwachen Fernrohre den Blick auf viele Myriaden von Sternen und etwa auf ein Hundert von Nebeln (wenn wir die Zeit bis zu Herschel zusammenfassen) erweitert: so steigerten die Riesenfernrohre seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts die Menge der sichtbaren und unterscheidbaren Sterne weit in die Millionen hinein und brachte die Anzahl der Nebel auf einige Tausende (etwa 3000, wenn man die neuere Ausbeute von Herschel dem Sohn mitnimmt, oder halb so groß als die Anzahl der Sterne, die vor dem Fernrohr dem Auge zugänglich waren). Daß auch die Anzahl der uns näheren Körper durch Entdeckung neuer Planeten, Monde und periodischer Kometen bedeutend gewachsen ist, daß man jetzt die Gebirge des Mondes besser kennt als manche Gebirge der Erde, dieß mag im Vorübergehen angedeutet werden, um das Bild von dem Umfang der telescopischen Welt zu vollenden. Da wir aber dem, was uns näher steht, nach den Abstufungen dieser Nähe, besondere Abschnitte widmen, so gilt es hier, die Masse der Erscheinungen überhaupt, so weit es bis jetzt möglich ist, zu sondern, und nach ihren zwei Hauptgattungen näher zu betrachten, deren eine, die Betrachtung der Nebel, wir sogar in diesem Abschnitt abschließen müssen.

Wenn wir von vielen Millionen von Sternen sprechen, auf welche nun die Aussicht eröffnet ist, ohne aber bestimmter weder 30 noch 40 Millionen anzugeben, so beruht dieß keineswegs auf vollständiger Zählung, sondern nur auf Schätzung.

Die wirklich gezählten und zur bleibenden Unterscheidung von allen anderen nach ihrem Ort am Himmel (in Beziehung auf den Aequator oder die Ekliptik und den Frühlingspunkt) in Tabellen und Karten verzeichneten Sterne waren stets weit unter der jedesmal sichtbaren Anzahl. Das älteste Verzeichniß, welches der Grieche Hipparch fürs Jahr 128 vor Chr. anfertigte, ein Gegenstand der größten Bewunderung im Alterthum, enthielt die Oerter von 1022 Sternen. Tycho begann wieder mit 1000 Sternen, deren Oerter für das Jahr 1600 angegeben sind, und sein Verzeichniß wurde noch vor der Verbindung des Fernrohrs mit den Meßwerkzeugen (denn solche sind natürlich zur Ortsbestimmung erforderlich) durch Hevel fürs Jahr 1600 auf 1550 Sterne vermehrt. Nach jener Epoche der astronomischen Messungen aber, wo ein bewegliches Fernrohr an den eingetheilten Kreisen angebracht, und die Uhr zum eigentlichen Meßinstrument erhoben wurde, erschien Flamsteeds Verzeichniß mit fast 3000 Sternen fürs Jahr 1690, und das nächste von Bradley, seinem Nachfolger zu Greenwich, war mehr durch Genauigkeit als durch Anzahl der Sternörter vervollkommnet, denn es enthielt deren nur 3222 fürs Jahr 1755. Mehr als verdoppelt wurde sofort die Zahl der registrirten Sterne durch Piazzi in Palermo, dessen Verzeichniß fürs Jahr 1800 schon 6748 Sternörter enthielt, und weiterhin von ihm selbst bis auf 7646 Sterne ausgedehnt wurde. Die ausgedehntesten Arbeiten aber sind die etwas ältere von Lalande, die Histoire céleste, welche 50000 Beobachtungen, angestellt zu Paris von 1789 bis 1800, mit fast eben so vielen Sternen enthält, da die meisten nur einmal beobachtet worden sind, und die neuere ungleich gründlichere von Bessel, welche weniger Sterne, aber mehr Beobachtungen enthält, denn sie giebt etwa 32000 Sterne in 75000 Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte. Da nun die verschiedenen Sternverzeichnisse der neueren Zeiten, welche wir hier erwähnt haben, auch verschiedene Sterne enthalten, so sind in diesem Jahrhundert Sternkarten möglich geworden, welche über 100000 Sterne verzeichnen. Die älteren Hardingschen enthalten 120000 in 30 Blättern; die neuesten der Ver-

liner Akademie, welche auf Bessels Arbeiten vorzugsweise sich gründen, sind noch nicht vollendet, es ist aber bekannt, welche Rolle eines der bis jetzt erschienenen Blätter bei der berühmten Neptunentdeckung gespielt hat.

Also mehr als 100000 Sterne sind jetzt nicht nur gezählt, sondern nummerirt, signalisirt und einregistrirt; es sind die hellsten unter dem ganzen Heere, nämlich bis zur 9. Größe oder Helligkeitsgrad (wenigstens in der Thierkreiszone des Himmels, sonst aber nicht über die 6. Größe hinaus), und es kommen dazu noch einige Tausend von den bei uns unsichtbaren Südsternen, welche Beobachter auf den neuen Sternwaten der südlichen Halbkugel verzeichnet haben. Die Schätzungen aber von der in die Millionen laufenden Gesammtzahl, welche mit den stärksten Fernrohren heutzutage einzeln sichtbar und unterscheidbar sein dürften, sind hauptsächlich von W. Herschel. Als dieser sein Spiegeltelescop (Fernrohr mit Hohlspiegel, Reflector) auf die Milchstraße richtete, zeigte sich ein ganz anderes Gewimmel unterscheidbarer Sterne als früher. In seinem frühesten Bericht sagt Herschel, daß er oft binnen einer Stunde 50000 Sterne deutlich zählen konnte, aber noch wenigstens zweimal mehr vermuthete, die aus Mangel an Licht nur dann und wann mittelst matter und unterbrochener Aufschimmerungen unterschieden werden konnten. In einem späteren Bericht aber bemerkt er, daß er im dichtesten Theil der Milchstraße häufig 588 Sterne auf einmal im Fernrohr gebabt habe, so daß in einer Viertelstunde etwa 116 Tausende das Gesichtsfeld passiren mußten. Desgleichen zeigte sich auch außerhalb der Milchstraße die Anzahl der sehr kleinen Sternen ausnehmend groß, aber geringer als dort, und im Allgemeinen mit der Annäherung an dieselbe größer als anderswo. Indem nun Herschel auf diese Art die Milchstraße und andere Gegenden des Himmels an verschiedenen Stellen sondirte und Durchschnitte aus mehreren Abzählungen der gleichzeitig in seinem Gesichtsfeld befindlichen Sterne nahm, schloß er daraus auf die ungefähre Gesammtzahl, welche sich ergeben hätte, wenn es ihm möglich gewesen wäre, sein Fernrohr auf diese Weise in der ganzen Milchstraße und am ganzen

Himmel herumzuführen. Da ferner die gleichzeitig im Gesichtsfeld stehenden Sterne nicht etwa blos neben-, vielmehr und vorzugsweise hintereinander zu denken sind, da man eine Schicht von Sternen vor sich hat; so erlaubte sich Herschel auch aus dem Verhältniß der Sternmengen auf das Verhältniß der Tiefe dieser Schichten einen ungefähren Schluß zu machen. Aehnliche Untersuchungen sind auch in neuerer Zeit mit den großen Linsentelescopen oder Refractoren (Fernrohren mit Objectivlinsen) angestellt worden, und hierin bestehen die berühmten Sternaichungen, in denen der Beobachter gleichsam „die Gesichtslinie seines Fernrohrs wie ein Senkblei in die Tiefen des Weltraums auswirft."

Was leisteten aber die großen Reflectoren und Refractoren im Gebiet der Nebel? Die außerordentliche Vermehrung dieser Gebilde durch die beiden Herschel wurde schon angeführt (gegen dritthalbtausend sind vom Vater allein beobachtet und verzeichnet); denn wie eine Unzahl von Sternen erst in den stärksten Fernrohren sichtbar wird, so entziehen sich auch die meisten Nebelgebilde, und zwar ebensowohl ausgedehnte unregelmäßige Nebelgegenden, als sehr kleine, Planetenscheiben vergleichbare Fleckchen, nicht nur dem bloßen Auge, sondern auch dem gewöhnlichen Fernrohr. Allein die Riesentelescope leisteten noch etwas anderes. Wie die Krippe, ein Nebelfleck fürs bloße Auge, schon in Galiläis Fernrohr in einen Sternhaufen sich verwandelte, so ergieng es wieder im Herschelschen Fernrohr manchem dieser Gebilde, welches für die schwächeren Fernrohre ein unauflöslicher Lichtschimmer blieb. Es lösten sich insbesondere runde Nebel in Sterne auf, in welchen man demgemäß kugelförmige Sternhaufen zu sehen glaubte, wo übrigens von einer wirklichen Zählung keine Rede sein konnte, also ganz anders als bei sonstigen sternreichen Gegenden, z. B. der Plejadengruppe, wo man 60 bis 70 Sterne wahrnimmt, oder auch selbst in der Milchstraße, wovon so eben die Rede war. Denn nicht durch Hunderte, sagt J. Herschel, würde die Anzahl der Sterne in jenen Sternhaufen ausgedrückt werden, sondern nach einer rohen Schätzung nach Myriaden, welche in einen Raum scheinbar zu-

sammengedrängt erscheinen, der kaum den 10. Theil von der Mondscheibe einnimmt. Und daraus geht unwidersprechlich hervor, daß man wieder etwas ganz anderes vor sich hat, als eine besonders sternreiche Gegend des Himmels oder die Milchstraße, nämlich ein für sich bestehendes System von Sternen, welches weit außerhalb des Inbegriffs von Sternen sich befinden muß, in welchem wir stehen. Doch darauf kommen wir zurück, es galt hier zunächst auf die noch höheren Grade von telescopischem Sterngewimmel aufmerksam zu machen, welche hin und wieder die Nebel gewähren.

Bei weitem die meisten dieser Gebilde, nämlich etwa 2300 unter den dritthalbtausend Nebeln in Herschels Verzeichniß, blieben unaufgelöst, und nur 200 zeigten sich als Sternhaufen nach Art der Milchstraße oder der Krippe. Erst in neuester Zeit (December 1847) ist aus Nordamerika berichtet worden, daß die Auflösung eines der berühmtesten Nebelgebilde, des Orionnebels (mittelst eines Münchner Refractors) wenigstens zum Theil (an einer gewissen Stelle, der hellsten nämlich, des vollmondgroßen Gebildes) gelungen sei; man hatte früher wohl einige Sternchen darin bemerkt und selbst vermuthet, daß sie zu dem Nebel selbst gehören, allein der Nebel hatte immerhin zu den unaufgelösten bisher gehört, ja man fand selbst das Aussehen gerade dieses Nebels „verschieden von demjenigen, der durch Zusammenhäufung einer unendlichen Menge von kleinen Sternen erzeugt wird.“ So sagt der jüngere Herschel selbst, und fügt bei, daß er aus kleinen lockeren Massen, wie Flocken von Wolken, zu bestehen, und daß diese Flocken mit ihrem Saum an einer Menge von kleinen Sternen gleichsam zu hängen scheinen, besonders aber an Einem Hauptsterne, welcher von einer nebligen Atmosphäre von beträchtlicher Ausdehnung und sonderbarer Gestalt umhüllt sei. Die neueren Zeichnungen des Nebels weichen sehr von der seines Entdeckers Huyghens ab, woraus man schon auf Veränderungen der Gestalt schließen wollte, welche sich mit ihm zugetragen hätten; allein andere machen darauf aufmerksam, wie unsicher dieser Schluß sei, da der Nebel in verschiedenen Fernrohren, ja selbst in einem und demselben Fern-

rohr bei verschiedenem Zustand der Luft, ungleich sich ausnehme. Wir haben um der Tagesgeschichte willen ausführlicher von diesem Nebel gehandelt, und auch den zuletzt erwähnten Umstand nicht verschwiegen, weil man bei der sogenannten Auflösung des Nebels auch an eine wirkliche Veränderung, an gewordene Sterne denken könnte.

Dieß führt überhaupt zu der Frage, was man in den verschiedenartigen Nebelflecken eigentlich sehe, ob namentlich von allen die Auflösung in Sterne zu erwarten sei, wofern nur Werkzeuge von gehöriger Kraft angewendet würden, oder ob auch an Materie in nicht sternhaftem Zustand, an ungeballte Nebelmaterie, Weltdunst zu denken sei, welche neben der geballten Materie im Weltraum vorhanden wäre. In der That ist letzteres die neuere Ansicht der Astronomen, ersteres aber war die ursprüngliche Ansicht, welche sich zunächst dargeboten hatte, und von welcher W. Herschel selbst allmälig zu jener überging, je mehr er die Nebelgebilde kennen lernte in ihren mannigfaltigen Verschiedenheiten und Gruppirungen. Werfen wir hierauf einen Blick nach der Darstellung des jüngeren Herschel. Die bisher noch nicht aufgelösten Nebel unterscheiden sich durch ihr Aussehen in solche, von denen sich vermuthen läßt, daß sie aus einzelnen Sternen bestehen, welche nur die optische Kraft der bisherigen Fernrohre noch nicht zu unterscheiden gestattet (sei es daß sie noch ungleich weiter entfernt sind als die obenerwähnten Sternhaufen, oder daß ihre Sterne lichtschwächer sind), und in solche, bei denen gar kein Anschein einer Zusammensetzung aus Sternen vorhanden ist, die eigentlichen Nebelflecken. Unter diesen macht wieder die Verbindung der Nebelerscheinung mit Sternen einen bedeutsamen Unterschied. Die sternlosen Nebel haben zur Grundform, daß ein rundlicher und noch häufiger ein elliptischer, oft sehr länglichter Fleck nach der Mitte zu an Helligkeit zunimmt. Gehört der große, sehr länglichte und durch seine Helligkeit dem bloßen Auge zugängliche Nebel im Sternbild der Andromeda, welcher zuerst unter allen telescopisch beschrieben worden ist (nämlich schon 1612 durch Simon Marius, wie gewöhnlich angegeben wird), in

diese Gattung der Nebelgebilde, wie die sachkundigsten Astronomen behaupten: so ist dieser „ein Muster nach großartigem Maßstab für eine sehr zahlreiche Klasse von Nebelflecken.“ Die Aeußersten in derselben sind einerseits die fixsternartigen, andrerseits die planetarischen Nebel. Bei jenen nimmt die Verdichtung nach der Mitte nicht nur überhaupt, sondern plötzlich zu, dergestalt, daß sie das Ansehen eines matten, mit einem Nebel umgebenen Fixsterns erhalten, ohne daß aber wirklich ein deutlicher, bestimmt abgegränzter Stern zum Vorschein käme. Die planetarischen Nebel aber stellen sich als kleine runde oder wenig elliptische, scharf begränzte Flecken, ähnlich den Planetenscheiben, dar, deren Helligkeit überall gleich erscheint, und meistens gleich matt, also ohne merkbare Zunahme nach innen.

Die fixsternartigen Nebelflecken machen den Uebergang zu den Nebelsternen oder Sternnebeln, wo ein oder zwei helle, scharfbegränzte Lichtpunkte (Sterne) von einem Nebel umgeben oder begleitet erscheinen. Bald zeigt sich nämlich ein einziger heller Stern in der Mitte eines rundlichen oder elliptischen Nebels, manchmal auch am spitzen Ende eines fächerartigen Nebels (kometenartig), bald zeigen sich zwei Sterne an den Enden oder in den Brennpunkten eines sehr länglichten elliptischen Flecks. Obgleich nun die Erscheinung häufig ist, daß Sterne sich nur optisch auf einen Nebel entwerfen, was meistens da anzunehmen ist, wo die Sterne unregelmäßig vertheilt sind, besonders wenn der Nebel selbst regellos gestaltet ist: so deuten dagegen die beschriebenen Erscheinungen zu entschieden auf eine eigenthümliche physische Verbindung zwischen den Nebeln und Sternen. Diese Gebilde haben es daher besonders nahe gelegt, den Gedanken an eine nicht sternhafte oder ungeballte Nebelmaterie zu fassen, die neben und mit den geballten Massen vorhanden sei. Man konnte aber von diesem Gesichtspunkt aus wieder an zweierlei bei den Nebelsternen denken; an sonnenartige Weltkörper nämlich mit kometenartigen Umgebungen oder Anhängen, welche sich von den gewöhnlichen Sternen oder Sonnen etwa in der Art unterscheiden würden, wie in unserer Nähe die Kometen den Planeten gegenüberstehen;

oder aber konnte man an chaotische Gebilde denken, welche bereits ausgebildete Verdichtungspunkte, fertige Sterne wahrnehmen lassen. Dabei liegt dann die allgemeine Vorstellung zu Grunde, auf die wir zurückkommen, daß der nebelförmige Zustand überhaupt der Zustand der Materie sei, welcher dem geballten vorangehe als eine Art von Chaos. Wir müssen aber erst die Musterung der Erscheinungen vollenden.

Sehr selten sind die Ringnebel oder Nebel mit Oeffnungen, sei es daß das Innere als völlig leer sich darstellt, sei es daß ein rundlicher Kernnebel durch einen Zwischenraum von einem einfachen oder gar doppelten Ring getrennt erscheint. Man hat diese Erscheinung sehr ausgezeichnet, gleichsam als ein Abbild unserer Milchstraße mit dem innerhalb derselben befindlichen Sternhaufen, zu dem unsere Sonne selbst gehört. So müßte nämlich etwa aus gehöriger Entfernung dieses Ganze sich ausnehmen, hat man bemerkt; doch könnte man dieß in Frage stellen, indem auch eben so gut das Innere ganz ausgefüllt erscheinen könnte, so daß unser Nebelfleck, für einen außerhalb desselben befindlichen Beobachter vielmehr die gewöhnliche Nebelform darböte. Man hat ferner auch eigenthümliche Gruppirungen der Nebel wahrgenommen, namentlich zwei runde oder länglichte Nebel nebeneinander, die Doppelnebel, und darunter wieder als eine einzige Erscheinung in ihrer Art, zwei wie durch einen Hals verbundene helle Rundnebel, die wieder von einem schwächeren Nebel mit elliptischer Begränzung umgeben sind. Auch bildet man Nebel ab, wo mehrere langgestreckte Gestalten mit ihren Spitzen zusammenzuhängen und überdieß Nebenzweige abzusenden scheinen, gleichsam mehrere verwachsene Nebel von der Grundform. Es gibt überhaupt Nebelgebilde, wo die aufgezählten Grundformen auf mannigfaltige Art abwechseln, so daß ein unregelmäßiges Ganzes entsteht; man hat sie Zwitternebel genannt, vielleicht dürfte man sie auch als Nebelgruppen (Nebelarchipele) ansprechen. So beschreibt man die schon oben erwähnten Kapwolken, in denen manche Astronomen gleichsam abgelöste Stücke der Milchstraße sehen wollten, als „ein seltsames Gemenge von Sternschwärmen, Nebelsternen und unauflöslichen

Nebeln, die eine allgemeine Helligkeit des Gesichtsfeldes hervorbringen, als Hintergrund des ganzen Bildes." Endlich sind diese Gebilde keineswegs gleichförmig am Himmel vertheilt, sondern im Allgemeinen so, daß sie vorzugsweise eine breite Zone einnehmen, welche die Milchstraße fast rechtwinklig durchschneidet, weßhalb man schon von einer Milchstraße der Nebelflecken gesprochen hat, gegenüber der Milchstraße der Sterne. In einigen Theilen dieser Zone, fügt Herschel bei, besonders da, wo sie die Sternbilder der Jungfrau, des Haupthaars der Berenice und des großen Bären durchschneidet, finden sich jene Gebilde wirklich in großer Anzahl vor, aber größtentheils telescopisch in höherem Grad, dergestalt, daß das starke Fernrohr ganze Gegenden des Himmels mit Nebelmaterie gleichsam überzogen zeigt.

Dieß mag mehr als hinreichen, um inne zu werden, welche Welt der Räthsel in dieser Nebelwelt uns erschlossen ist. Anfangs zwar erklärte man sich alle diese Erscheinungen flugs aus scheinbaren, durch die große Entfernung bedingten Häufungen von Sternen; man sah in ihnen nichts als einzelne Sternschichten, nach Art der Milchstraße, da dann etwa der Andromedanebel eine der nächsten oder die nächste, die planetarischen Nebel aber die entferntesten dieser Milchstraßen sein mußten. Jetzt aber, zumal da die Milchstraße selbst die Nebelerscheinung stets noch als Hintergrund des telescopischen Sterngewimmels zeigen soll, ist man der Ansicht, daß es, so viele Nebelgebilde auch in der That Sternhaufen sein mögen, wirklich auch eine leuchtende Nebelmaterie im Weltraum gebe, sei es im Zustand der Zerstreuung (Weltdunst), sei es im Zustand der allmäligen Verdichtung zu Sternhaufen (chaotischer Sternstoff). Es ist auch in der That ein ansprechender Gedanke, neben fertigen Sternsystemen auch werdende zu erblicken, die erst aus einem chaotischen Zustand sich herausbilden, so daß man darin den Zustand erblickt, in welchem auch unser fertiggeballtes System früher sich befunden haben mag, daß man überhaupt den Weltenstoff in verschiedenen Entwicklungsstufen nebeneinander wahrnimmt, „wie Bäume in einem

Garten." Man darf aber nie vergessen, daß das Reich der Nebel auch das der Räthsel und Hypothesen ist, daß es in jedem einzelnen Fall schwer ist zu entscheiden, welche von den verschiede- Möglichkeiten stattfinde, daß endlich nach der einen oder anderen der angegebenen Annahmen über die Natur eines Gebildes auch das Urtheil über seine Entfernung anders sich gestalten muß. Sehen wir in einem Nebelstern oder Planetennebel einen Weltkörper eigener Art, so kann seine Entfernung der eines Fixsterns vergleichbar sein: sehen wir aber ein werdendes Sternsystem oder gar ein fertiges nach Art der Milchstraße, so muß die Entfernung diejenige aller unterscheidbaren Sterne, selbst diejenigen der Milchstraßensterne, über alle Maßen übertreffen.

Da es nun jedenfalls keinem Zweifel unterliegt, daß ein großer Theil der Nebelgebilde wirklich Haufen von unzähligen einzelnen Sternen sind, welche scheinbar bei weitem dichter noch stehen als die Milchstraßensterne — dafür sprechen ja die gelungenen Nebelauflösungen entschieden — so ist auch kein Zweifel, daß wir in Entfernungen blicken, gegen welche die der Milchstraßensterne wiederum klein sein muß, so groß schon diese im Vergleich mit den Abständen der nächsten Fixsterne sind. Ebenso entschieden geht aber aus der ganzen Musterung des Himmels, welche wir nun vorgenommen haben, hervor, daß die Massen in dem uns zugänglichen Theil des Weltraums keineswegs gleichmäßig vertheilt sind, sondern daß sie einzelne große Schichten oder Systeme bilden, von einander durch Räume getrennt, welche die Abmessungen der einzelnen Schichten, „Weltinseln," in demselben Maß übertreffen mögen, in welchem in jeder einzelnen die Abstände der Massen die Abmessungen der zu einer jeden gehörigen Körpersysteme übertreffen, d. h. so viel mal die Entfernung der nächsten Fixsterne den Durchmesser des ganzen Sonnensystems übertrifft, so viel mal mag die Entfernung der nächsten Sternschicht den Durchmesser der unsrigen übertreffen. Eine solche Sternschicht oder Weltinsel nämlich bewohnen wir, indem unsere Sonne ein Glied derselben ist, und es kann kein Zweifel darüber walten, daß die Milchstraße zu diesem Ganzen gehört oder wenigstens in einer

so besonderen Beziehung zu demselben steht, daß wir sie unseren Nebelfleck nennen dürfen, so gut wie die Sonne unser Fixstern ist. Davon wird im nächsten Abschnitt die Rede sein, so wie von allem, was die eigentlichen Fixsterne unsers Firmaments als die Mitsonnen unserer Sonne näher angeht, ihre Bewegungen, Entfernungen u. s. w.

So unsicher freilich alle Betrachtungen über die verhältnißmäßigen Entfernungen der Sterne und Sternsysteme sind, wie auch die obige über die Entfernung der außerhalb unseres Systems befindlichen Sternhaufen: so kann man doch nicht umhin, dergleichen wenn auch hypothetisch sich vorzuhalten. Wenn aber in jener Betrachtung zuviel Theorie steckt, so halten wir uns an die Thatsache, daß wir in Entfernungen blicken, wo in einem Raume, der den 10ten Theil der Mondscheibe einnimmt, unzählige, nach Myriaden zu schätzende Sterne zusammengedrängt erscheinen, daß das vereinte Licht derselben dem bloßen Auge entgeht und im schwächeren Fernrohr selbst erst den Eindruck eines Lichtnebels erzeugt. Es ist keine Möglichkeit, daß uns aus solchen Fernen das Licht einzeln stehender Sterne wahrnehmbar sein könnte, und aus noch größerer Entfernung wird auch ein solcher einzeln stehender Sternhaufen all' unseren Sehmitteln nicht mehr zugänglich sein. Denn die Lichtstärke eines Gegenstands nimmt nach dem Quadrat der Entfernung ab, so daß von zwei gleich hell leuchtenden Gegenständen, wovon der eine 10mal weiter entfernt ist, als der andere, der erstere 100mal lichtschwächer erscheinen muß. Woraus nothwendig folgt, daß es für jeden noch so hellen und großen Gegenstand eine Entfernung gibt, in welcher sein Licht auch für das stärkste Fernrohr unwahrnehmbar schwach sein muß, in welcher er also nicht mehr gesehen wird. Ebenso klar ist aber auch, daß in jeglicher Entfernung eine solche Anhäufung von Licht sich denken ließe, welche wiederum wahrnehmbar sein müßte, wenn sonst nichts im Spiel wäre, als das angeführte Gesetz von der Abnahme der Lichtstärke mit der Entfernung. Dieß führt uns zu den Betrachtungen über die Gränzen unserer Weltaussicht und über das Licht zurück, mit welcher wir diesen Abschnitt eröffnet

haben, und welche wir zum Schluß mit folgender, zuerst von Olbers angestellten Betrachtung ergänzen.

Die Unendlichkeit des Raums und der Materie nöthigt uns, nach allen Richtungen in's Endlose fort Sternschichten und Nebelschichten uns zu denken, nach Art derjenigen, die wir in dem uns zugänglichen Stück des Weltraums unterscheiden können. Obwohl wir nun von einer gewissen Entfernung an jede einzelne nicht mehr wahrzunehmen im Stande sind, so sollte doch der vereinte Lichteindruck aller, die in stets größeren Weiten nach allen möglichen Richtungen hintereinander stehen, eine allgemeine Helligkeit des ganzen Himmels hervorbringen, ja eine sonnenhafte Helligkeit, da die unendliche Schwäche der einzelnen Lichtpunkte durch die unendliche Menge derselben stets in jedem Verhältniß ausgeglichen werden könnte. Das also wäre zu erwarten, ausgehend von der Unendlichkeit des stoff- und lichterfüllten Weltraums, wenn nämlich der Weltraum vollkommen durchsichtig ist, d. h. dem Licht dergestalt durchgänglich, daß keine Spur desselben verloren ginge. Das Licht aber verliert beim Durchgang durch alle durchsichtigen Mittel, die wir an der Erdoberfläche kennen, etwas von seiner Stärke, d. h. nach der Wellenlehre, es wird ein Theil der schwingenden Bewegung bei der Fortpflanzung allmälig vernichtet, und um so mehr, je länger der Weg in dem durchsichtigen Mittel war. Olbers bemerkt nun, daß die Annahme einer wenn auch noch so geringen Lichtauslöschung im Weltäther hinreiche, um den wirklichen Anblick des Himmels mit der Forderung einer schlechthin unendlichen Sternenwelt zu vereinigen, und berechnet zu dem Ende überschläglich den Erfolg, wenn das Licht eines Sterns bei seinem Weg durch eine Siriusweite, wozu es etwa 12 Jahre braucht, nur den 800sten Theil seiner Stärke verliert. In der That, in dieser Voraussetzung ist leicht einzusehen, daß es Entfernungen gibt, aus denen schlechterdings kein Licht mehr zu uns gelangt; eine Entfernung von 800 Siriusweiten würde hinreichen, den einzelnen Stern schlechthin unsichtbar zu machen. Neuestens will ein namhafter Astronom, W. Struve, wirklich aus seinen Beobachtungen eine solche Lichtauslöschung thatsäch-

lich nachweisen, was zugleich eine Art von neuem Beweis für das Vorhandensein des Weltäthers wäre. Denn ohne daß die Lichtschwingung eine wenn auch noch so feine, doch jedenfalls träge Materie bei seiner Fortpflanzung fortwährend in Bewegung zu setzen hätte, wäre, eben nach dem Gesetz der Trägheit, keine Abschwächung und Vernichtung dieser Bewegung zu denken.

Da endlich keine Lichtstrahlung ohne Wärmestrahlung von statten geht, da vielmehr nach unserer Erfahrung jene stets von dieser begleitet ist, so muß der Weltraum auch ein Sitz der Wärmestrahlung sein, und jedem Weltkörper muß von allen anderen Wärme zugestrahlt werden. Man spricht in der That von Sternenwärme, die auch unserer Erde aus allen Gegenden des Weltalls zugeführt werden soll, die aber nach der vorigen Betrachtung, welche gleicherweise für jede andere Strahlung gilt, ein bescheidenes Maß niemals überschreiten könnte. Denn von einem einzelnen Fixstern hat man keinen merklichen Einfluß auf die feinsten wärmemessenden Werkzeuge wahrgenommen, nur die außerordentliche Menge der einzelnen wärmestrahlenden Körper könnte einen Erfolg haben und hat denselben auch ohne Zweifel, wie schon Kepler vermuthete, und worüber neuere Physiker sogar Berechnungen wagten, aber, wie sich erwarten läßt, mit sehr abweichenden Ergebnissen. Man wollte so die Temperatur des uns umgebenden Weltraums erforschen, was uns indeß als ein eitles Unternehmen erscheint, wenn wir auch etwa glauben möchten, daß sie weit unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers stehen mag; der eine brachte weniger als 13, der andere 50 bis 60, ein dritter gar gegen 150 Grad unter Null (nach dem hunderttheiligen Thermometer) heraus. Wir kommen übrigens hierauf im vierten Buche zurück, wo wir die Wärmeverhältnisse der Erdfläche überhaupt betrachten.

VI.

Das System der Milchstraße oder das Sternsystem, zu welchem unsere Sonne gehört.

Aus dem begränzten Stück Weltall, in dessen unermeßliche Weite die teleskopische Aussicht uns eröffnet ist, und mit dessen fernstem Inhalt wir uns so eben näher beschäftigt haben, begeben wir uns nun in das enger begränzte Stück dieses Stücks, welches wir unsre Sternschicht, Sternhaufen, Sternsystem nennen. Wir rechnen dazu nicht blos alle die zerstreut an unserem scheinbaren Firmament stehenden Sterne, welche uns überall umgeben, zum deutlichen Beweis dafür, daß die Sonne in ihren Inbegriff, in ihre Gesellschaft gehört, daß sie die Mitsonnen unserer Sonne sind: sondern auch die unzähligen Sterne der Milchstraße, die wir vom Anblick des unbewaffneten Auges aus den größten Nebelfleck des Himmels und nach ihrer augenfälligen Beziehung zu uns unseren Nebelfleck genannt haben. Denn da sie uns und den ganzen Raum der zerstreut erscheinenden Sterne als ein mächtiger Gürtel umgiebt, innerhalb dessen die Sterne rechts und links nach augenfälligem Ebenmaß vertheilt sind: so kann kein Zweifel über die nähere Beziehung obwalten, in der sie zu uns steht, vermöge der sie mit jenen Sternen ein großes Ganzes ausmacht. So wenig wir auch noch zur Zeit von dem Sinn dieses Ganzen, von dem Zusammenhang und der Wechselwirkung seiner Glieder wissen, so ist es doch ein vom übrigen Weltall augenscheinlich sich aussonderndes Ganzes, dem wenigstens in sehr vielen jener Nebelflecke ähnliche Ganze gegenüberstehen. So unklar uns noch das physische Ganze ist, so ist es jedenfalls das optische

Ganze, innerhalb dessen wir uns selbst befinden. Mehr wollen wir auch zunächst mit dem Namen „unser Sternsystem" nicht behaupten, obwohl man bei System auch schon an den physischen Zusammenhang zu denken geneigt ist, den wir zur Zeit blos ahnen aber nicht auseinandersetzen können. Das Ganze, von dem wir sprechen, würde sich einem Beobachter von einem weit entfernten Punkt außerhalb desselben aus als ein Ring mit einem Sternhaufen in seinem Innern darstellen, in noch größerer Entfernung als ein völliger, rundlicher oder elliptischer Nebelfleck. Versetzen wir uns umgekehrt ins Innere von einem jener Sternhaufen, wo in ein kleines Räumchen Myriaden von Sternen zusammengedrängt erscheinen, so würde sich derselbe zu einem Sternfirmament nach Art des unsrigen umgestalten.

Schon dem bloßen Auge fällt es auf, daß die Sterne keineswegs gleich vertheilt erscheinen; eine Zunahme der Sternenmenge gegen die Milchstraße hin ist unverkennbar. Da übrigens gerade die helleren Sterne noch ziemlich gleichmäßig nach allen Richtungen gesehen werden, so werden jene Unterschiede erst im Fernrohr recht bedeutend. Die Gegenden um die Pole der Milchstraße (oder in einem Abstand von 90 Grad) erscheinen auffallend sternleer, und mit der Annäherung an die Milchstraße nimmt das teleskopische Sterngewimmel ebenso auffallend zu. Die Milchstraße selbst zeigt in dieser Beziehung das Größte, wie wir schon im vorigen Abschnitte erzählt haben, mit dem Herschelschen Ergebniß, daß sie aus einer Unzahl dicht gedrängter kleiner und kleinster Sterne bestehe, die aber durch ihre einzelnen Gegenden sehr ungleich vertheilt sind. Diese Sterndichtigkeit ist aber wenigstens der Hauptsache nach blos scheinbar und rührt daher, daß in den Richtungen nach der Milchstraße hin Sterne in immer weiteren und weiteren Abständen hintereinanderstehen, so daß also sehr weit auseinanderstehende Sterne fürs Auge sich nebeneinander auf jenen Gürtel entwerfen, während dieß in denjenigen Richtungen nicht der Fall ist, welche von der Richtung nach der Milchstraße hin mehr abweichen, zumal in den zu ihr senkrechten Richtungen nach ihren Polen hin, wo die Sternschicht in viel kleineren Entfernungen

ihre Gränze findet. Hieraus läßt sich ein Schluß auf die Gestalt unsers Sternsystems ziehen, nämlich auf eine linsenförmige Gestalt, deren Grundebene durch den Zug der Milchstraße angezeigt, und deren weit überwiegende Abmessung der Durchmesser der Milchstraße ist. Man darf indeß hiemit keineswegs eine zu bestimmte Vorstellung verbinden. Denn einmal haben die Sternaichungen, von denen wir im vorigen Abschnitt gesprochen haben, eine verschiedene Sterndichtigkeit in verschiedenen Gegenden der Milchstraße ergeben, woraus man auch auf verschiedene Dicken dieser Gränzschicht zu schließen berechtigt sein mag. Alsdann ist man angeblich noch nicht an die Gränzen der Milchstraße gelangt, diese habe sich vielmehr selbst dem 40füßigen Teleskop Herschels unergründlich gezeigt, und eine ähnliche Ungewißheit über die Gränzen der sichtbaren Sterne soll auch in allen anderen Richtungen des Firmaments vorhanden sein, wie Struve versichert. Hieraus aber ist neuerdings selbst der abschreckende Schluß gezogen worden, daß wir noch in völliger Unkenntniß über den Umfang wie über die äußere Gestalt des unermeßlichen Systems seien, welches alle Sterne begreift, die unsere Sonne umgeben.

Die Unergründlichkeit der Milchstraße ist die Erscheinung, daß sich auch in den stärksten Fernrohren stets noch ein weißlich schimmernder Hintergrund des Sterngewimmels zeigt, daß gleichsam die Milchstraße trotz der noch so weit getriebenen Auflösung in Sterne stets wieder vorhanden ist, eine Erscheinung, die wir im vorigen Abschnitt auch von den sogenannten Kapwolken anzuführen hatten. Was bedeutet dieser nebelartige Hintergrund? Sollte man wirklich nicht einmal bis an die Gränzen unseres Sternsystems deutlich sehen können, dergestalt, daß hier noch ein Theil der Schicht unaufgelöst wäre nach Art der unaufgelösten Nebelflecken? Oder haben wir hier eine wirkliche Nebelmaterie, die nicht aus Sternen besteht, an der Gränze unseres Systems vor uns, das sich etwa von innen heraus zu Sternen geballt hätte, und dessen äußerer Umfang noch in seinem chaotischen Vorzustand erblickt würde? Dieß sind peinliche Fragen, an deren Entscheidung man in der That noch kaum

denken darf; die Ungewißheit über den Umfang und die Gestalt des Milchstraßensystems darf uns aber keineswegs abhalten, den Gedanken dieses Systems zu verfolgen und jene linsenförmige Gestalt als erstes rohes Bild davon festzuhalten. Wir möchten uns übrigens eher auf die Seite schlagen, welche die letztere jener Fragen bejaht, oder sonst eine Auskunft dieser Art trifft; denn bejahten wir die erstere, so hätten wir Entfernungen in unserem eigenen Sternsystem, welche den Entfernungen anderer Sternsysteme vergleichbar wären, ganz gegen die Ansicht, welche der Blick in das Reich der Nebel uns aufgedrungen hatte.

Die Milchstraße bietet uns aber auch noch andere mehr oder minder räthselhafte Erscheinungen dar. An einigen Gegenden derselben, besonders am südlichen Himmel gewahrt man dunklere Stellen, namentlich die sogenannten Kohlensäcke, welche durch auffallende Schwärze abstechen und wohl kaum etwas anderes als Oeffnungen der großen Sternschicht sein können. Auch der Breite nach sind ihre Gränzen schwer zu erkennen, was übrigens wiederum dafür spricht, daß sie in der That ein stetiges Ganzes mit unserm übrigen Sternenhimmel ausmacht, denn sonst müßte man eher eine scharfe Gränze nach den Seiten und nach innen wahrnehmen, und einen Ring in ihr erkennen, welcher von dem übrigen Sterninbegriff durch einen beträchtlichen Zwischenraum abgesondert wäre, übrigens immerhin der Ring unseres Sternsystems bliebe. Auch hat es nicht an solchen gefehlt, welche diese letztere Ansicht ergriffen und weiter verfolgt haben. Die Breite dieses scheinbaren Gürtels bleibt sich ferner nicht gleich, in der Nähe des Nordpols erscheint sie breiter als in der des Südpols, an dem sie näher vorbeizieht, als an jenem. An mehreren Stellen gehen Seitenzweige ab, die sich mit dem Hauptgürtel nicht wieder vereinigen, auch wollte man, wie schon erwähnt wurde, in den Kapwolken (Magellanischen Wolken) in der Nähe des Südpols gleichsam abgetrennte Theile des Gürtels sehen. Besonders merkwürdig aber ist endlich die Theilung in zwei sich wieder vereinigende Arme, welche vom Sternbild des Scorpions durch den südlichen Himmel hindurch bis zum Sternbild des Schwans stattfindet, das Aufbrechen der

Milchstraße. Alle diese Erscheinungen, sowie die ungleiche Sterndichtigkeit deuten ein mit vielen Unregelmäßigkeiten behaftetes Ganzes an, und vermehren die Ungewißheiten, in denen wir uns noch derzeit darüber befinden. Man könnte zunächst fragen, wie viel davon nur die Art betrifft, wie sich das Ganze für uns auf unser Firmament entwirft?

Dieß führt aber zugleich auf die Frage nach unserem Standpunkt in unserem Sternsystem, wobei wir uns freilich auf hypothetischem Boden bewegen müssen, denn wir gehen von der sehr abgeplatteten oder linsenförmigen Gestalt unseres Sternsystems aus; allein es verlohnt sich auch ein wenig, die Vorstellungen der Astronomen zu verfolgen, auf welche sie von gewissen Annahmen aus gelangt sind. Wir stehen jedenfalls außerhalb der Grundebene des Systems, denn sonst müßte sich die Milchstraße in einem vollkommenen Großkreis unserer scheinbaren Himmelskugel projiciren, während sie in der Wirklichkeit keinen Großkreis bildet, aber auch nicht viel von einem solchen abweicht, woraus folgt, daß wir (verhältnißmäßig) nicht weit zur Seite stehen. Denken wir uns in der Grundebene durch die äußersten Gränzen der Milchstraße einen Kreis gelegt, und nennen wir dessen Mittelpunkt zugleich Mittelpunkt des Sternsystems, ohne damit noch etwas physisches bezeichnen zu wollen: so stehen wir von demselben im Sinne des Durchmessers um ein Namhaftes ab, nämlich dem südlichen Theil der Milchstraße weit näher als dem nördlichen. Darauf führt die verschiedene Helligkeit und Sterndichtigkeit in verschiedenen Gegenden der Milchstraße, namentlich aber auch der Umstand, daß sie im südlichen Theil gespalten, in einem Doppelzug erscheint. Scharfsinnig bemerkt hiezu noch Mädler, daß diese Spaltung überdieß sehr einfach dadurch sich erklären lasse, daß die Milchstraße aus zwei breiten concentrischen Ringen bestehe, welche in den entfernteren nördlichen Gegenden perspectivisch zusammenfallen, in den näheren südlichen dagegen getrennt erscheinen.

Von hier aus ist Mädler bei Entwicklung seiner Hypothese von der Centralsonne des Sternsystems noch weiter gegangen

bis zur Vorstellung von einer ringförmigen Gliederung des Sternsystems überhaupt. Durch die Milchstraßenringe nämlich, meint Mädler, sowie durch das ziemlich deutliche Hervortreten der inneren Gränzen derselben sei man überhaupt darauf hingewiesen, auch den Raum innerhalb der Milchstraße als nicht gleichmäßig mit Sternen erfüllt zu denken, vielmehr sich die Vorstellung zu bilden, daß das ganze Sternsystem aus concentrischen ringförmigen Sternschichten bestehe, deren zwei äußerste die Milchstraße bilden, und die durch verhältnißmäßig sternarme Zwischenräume von einander getrennt seien, so übrigens, daß hie und da brückenartige Zwischentheile die großen Ringe verbinden. Diese Ringschichten mögen vorherrschend aus vereinzelten Sternen bestehen, während hin und wieder eine entschiedene Gruppenbildung zu bemerken ist. Es dürfte endlich durch Alles das angedeutet sein, in der Mitte des Sternsystems eine sternreiche Gruppe zu treffen, die dann zunächst von einer sternarmen Schicht umgeben wäre.

Wir haben gesehen, daß wir uns keineswegs in der Mitte unseres Sternsystems befinden können, wir dürfen beifügen, daß wir derselben übrigens unverhältnißmäßig näher stehen müssen, als den äußeren Gränzen, denn, wenn auch mit ungleicher Helligkeit und Sterndichtigkeit, so erscheint doch die Milchstraße überall milchstraßenhaft. Wir fragen noch, indem wir eine Sternkarte zur Hand nehmen, in welche Gegend des Himmels diese Mitte sich etwa unserem Standpunkt gemäß entwerfen müsse? Da sie nothwendig in der Grundebene des Sternsystems liegt, und diese durch den Zug der Milchstraße an unserem Firmament angedeutet ist, so ist man zunächst an diese gewiesen, und er muß sich in die unserem Standpunkt geradezu entgegengesetzte Gegend projiciren, sowie z. B. die Sonne sich in das Sternbild des Widders entwirft, wenn die Erde in der Wage steht. Da nun erstlich die Milchstraße von einem Großkreis der Kugel, wie wenig immerhin, doch entschieden abweicht, und wir also in der größeren der beiden Hälften stehen, in welche sie für unseren Anblick den Himmel theilt — wir wollen sie der Einfachheit wegen die östliche nennen oder festsetzen, daß wir

östlich von der Grundebene stehen — so ist die Mitte in der kleineren entfernteren Hälfte, also in der westlichen zu suchen, sei es noch in der Milchstraße selbst, d. h. innerhalb des scheinbaren Streifens, in welchem sich die Sternenringe auf unserem Firmament projiciren, oder in der Nähe derselben. Auch hält Mädler jene Abweichung der scheinbaren Milchstraße von einem Großkreis für bedeutend genug, um den Mittelpunkt außerhalb des Streifens, an seinem westlichen Rande, zu suchen. Da zum anderen die südliche Hälfte der Milchstraße uns näher liegt, oder da wir südlich von ihrer Mitte stehen, so muß diese im nördlichen, mithin in Verbindung mit dem vorigen Ergebniß in dem nordwestlichen Theil oder in der nordwestlichen Umgegend der Milchstraße erscheinen, zwischen ihr und dem Aequator vom Sternbild des Pegasus bis gegen den Orion hin. Da endlich unsere Sonne der Mitte nicht besonders nahe zu stehen scheint, wenn auch immer unverhältnißmäßig näher, als den nächsten Milchstraßengegenden, so liegt für uns ein nicht unbeträchtlicher Theil der Sternschichten nach innen zu und muß deßhalb um den Mittelpunkt her zusammengedrängt erscheinen, mithin hat man der Mitte zu eine größere Sternfülle zu erwarten und kann von jenem Raum alle sternarmen Gegenden ausschließen.

So gelangt man nach Mädler in die sternreichen Gegenden im Sternbild des Stiers. Es hat kürzlich viel Aufsehen gemacht, aber auch viel Achselzucken erregt, daß Mädler den Mittelpunkt unseres Sternsystems nach astronomischen Beobachtungen noch bestimmter ermitteln zu können geglaubt hat, dergestalt, daß das Siebengestirn die Mittelgruppe des ganzen Sternsystems, und daher der wahrscheinliche physische Mittelpunkt dieser Gruppe, ihr hellster Stern Alcyone, der Centralstern, die sogenannte Centralsonne, wäre. Wir werden weiter unten den Begriff der Centralsonne eines solchen Sternsystems näher untersuchen und können hier blos bemerken, daß die Hypothese, mit welcher wir uns beschäftigen, um so gewagter und unsicherer ist, je bestimmter man sich über Umfang, Gestalt, Bau und vollends über die physische Mitte des Ganzen aussprechen will, welches wir unser Sternsystem nennen.

Wenn wir übrigens auch von der Unsicherheit absehen, welche nach den oben mitgetheilten Wahrnehmungen über die Milchstraße dieser Betrachtung anklebt, so ist nach dem Urtheil der Astronomen der von Mädler versuchte Nachweis, daß den astronomischen Beobachtungen zufolge die Alcyone am besten die Bedingungen erfülle, welche dem Mittelpunkt des Sternsystems der Theorie gemäß zukommen, deßwegen unhaltbar, weil er auf zu kleinen Größen beruhe, als daß die jetzigen Beobachtungen dieselben verbürgen könnten. So wenig wir also in der Mädler'schen Centralsonne mehr als eine Hypothese vor uns haben, so wenig durfte sie doch hier übergangen werden, theils als Neuigkeit, theils weil sie uns Gelegenheit gegeben hat, die Frage selbst auseinanderzusetzen, deren Beantwortung, so gern man sie wohl haben möchte, zur Zeit noch die Kräfte der Astronomie entschieden übersteigt.

Ehe wir aber die Frage nach einem allgemeinen Systemverband und nach einem Centralkörper der Fixsternwelt theoretisch betrachten, begeben wir uns in verbürgtere Gebiete und sehen, was die Forschungen der Astronomen über Entfernungen, Größen, Bewegungen und Gravitationsverhältnisse der Sterne mit einiger Sicherheit uns kennen lehren. Vor allem aber wird es nicht überflüssig sein zu bemerken, daß das flimmernde und funkelnde Aussehen, das die Sterne dem bloßen Auge darbieten, und wovon sich die sogenannte Sternfigur des allgemeinen Bewußtseins herschreibt, im Fernrohr verschwindet. Je besser das Glas, desto punktartiger erscheinen selbst die hellsten Sterne; die merkliche Ausdehnung derselben ist blos scheinbar, eine Folge der überaus starken Lichtentwicklung, die von diesen Punkten ausgeht und auf dunklem Grund sich zeigt. Indem also das Fernrohr vergrößert, verkleinert es die Sterne und bringt sie der Form näher, in der sie uns erscheinen sollen, der Form bloßer Lichtpunkte, aber keines erreicht dieß vollkommen, was auch nicht möglich ist, sondern der scheinbare Durchmesser verkleinert sich blos auf ein oder zwei Zehntel einer Sekunde. In der That müssen uns die Sterne eigentlich als bloße Punkte erscheinen gemäß

dem, was wir bereits im Allgemeinen von ihrer außerordentlichen Entfernung wissen, wofern sie nicht ungeheuer große Körper sein sollten, was sich aber dann auch durch viel größere Anziehungskräfte, d. h. durch viel größere Bewegungen derselben verrathen müßte, als die sind, welche wir wirklich beobachten. Erinnern wir uns aus dem dritten Abschnitt, daß der Durchmesser der Erdbahn auch an den nächsten Fixsternen eben nur einen Winkel macht, der keine zwei Sekunden betragen kann, wornach wir 200000 Sonnenweiten als ein Kleinstes von einer Sternweite festgesetzt haben: so kann auch umgekehrt eine Länge von mehr als 41 Millionen Meilen (Durchmesser der Erdbahn) von uns unter keinem größeren Sehwinkel gesehen werden, und wenn uns irgend ein Gegenstand in dieser kleinsten Entfernung auch nur einen Winkel von einer Sekunde darböte, so müßte sein wirklicher Durchmesser bereits eine Sonnenweite betragen. Ein solcher Körper wäre im Durchmesser über 100mal, folglich im Inhalt über eine Million mal größer als unsere Sonne, und ein solcher, denken wir, müßte sich durch seine Wirkungen auf die Umgebung verrathen; und wenn wir auch gerne zugeben, daß es Sonnen giebt, welche die unsrige an Inhalt und Masse Hunderte mal übertreffen mögen, so ist doch ein millionenmal größerer Körper etwas zu Unwahrscheinliches.

Es ist daher keine Aussicht vorhanden, daß wir über die wirkliche Größe der Sterne näheres erfahren, auch wenn ihre Entfernungen bekannt sind; denn mit Sicherheit kann blos dann auf die Größe eines Sterns geschlossen werden, wenn man außer seiner Entfernung den Gesichtswinkel kennt, unter dem sein Durchmesser uns erscheint; wir haben uns aber überzeugt, daß derselbe unmeßbar klein sein muß. Es giebt allerdings Mittel, aus anderen Umständen auf die Größe eines leuchtenden Körpers zu schließen, aber nur unter gewissen Voraussetzungen, die sich nicht beweisen lassen, also nur bedingt und unsicher, nämlich aus Vergleichung seiner Lichtstärke mit derjenigen der Sonne. Nehmen wir z. B. die Entfernung des Sirius, des hellsten aller Sterne, zu 4 Sternweiten an, was neulich wenigstens wahrscheinlich geworden ist; Lichtmessungen

(photometrische Vergleichungen seines Lichts mit dem der Sonne) haben das Ergebniß gehabt, daß das Siriuslicht von dem der Sonne etwa 20000 Millionenmal übertroffen wird. Nach dem Gesetz von der Abnahme der Lichtstärke mit der Entfernung kann man hieraus die Entfernung berechnen, in welcher die Sonne die Lichtstärke des Sirius hätte, und man findet 141400 Sonnenweiten oder $^3/_4$ einer Sternweite (da 20000 Millionen das Quadrat von 141400 ist), woraus, da Sirius 8 Sternweiten entfernt ist, folgt, daß sein Licht sovielmal das Sonnenlicht übertrifft, als $^3/_4$ in 8 enthalten ist, d. h. 11mal. Vorausgesetzt nun, daß das Licht beider Weltkörper an und für sich dieselbe Stärke hätte, so daß sie bei gleicher Größe und gleicher Entfernung gleich hell leuchten würden, so könnte das 11mal stärkere Licht blos eine Folge davon sein, daß Sirius 11mal mehr lichtstrahlende Oberfläche hätte, also im Durchmesser über 3mal, im Inhalt etliche und 30mal größer als die Sonne wäre. Man sieht aber von selbst ein, daß die genannte Voraussetzung eine unbewiesene und unbeweisbare ist, und daß auch die Messung der Lichtstärke schwerlich die erforderliche Schärfe haben kann, um solche Ergebnisse darauf zu gründen.

Es ist auch für unsere ferneren Betrachtungen von Belang, den Umstand festzuhalten, daß etwas, was in der Entfernung einer einfachen Sternweite unter dem Gesichtswinkel von einer Sekunde erscheint, eine Sonnenweite mißt, und 12 Sonnenweiten, wenn die Entfernung 12 Sternweiten beträgt u. s. w. Hiernach ist es zu beurtheilen, wenn man von den kleinen Bewegungen der Sterne, oder von der dichten Nähe zweier oder mehrerer Sterne spricht. Allein es kommen dabei auch noch anderweitige Rücksichten in Betracht. Wir sagen, zwei Sterne stehen einander nahe, wenn der Abstand derselben einen kleinen Winkel an unserem Auge macht, d. h. wenn die Gesichtslinien nach den beiden Sternen einen kleinen Winkel einschließen. Diese zwei Sterne können aber dann ebenso wohl in unermeßlichem Abstand der Gesichtslinie entlang hinter einander stehen, als es möglich ist, daß sie in nahezu gleicher Entfernung von uns neben einander stehen. Im letzteren Fall kann alsdann ihr

wirklicher Abstand nach obigem beurtheilt werden, allein nur in dem Fall, wenn man überdieß ein Urtheil über den Winkel hat, den die Gesichtslinie mit der Verbindungslinie der beiden Sterne macht. Ist dieser Winkel z. B. ein rechter, und beträgt der scheinbare Abstand etwa 5 Sekunden in der Entfernung von 10 Sternweiten, so beträgt der wirkliche Abstand 2 Sonnenweiten; ist aber jener Winkel kein rechter, so ist der wirkliche Abstand noch größer und man kann ihn leicht vollends berechnen, wenn man jenen Winkel kennt. Eine ähnliche Rücksicht kommt bei der Beurtheilung des Wegs in's Spiel, den ein Stern wirklich zurückgelegt hat, nämlich ob die Richtung derselben senkrecht zu unserer Gesichtslinie ist, oder nicht. Sehen wir z. B. einen Stern in einem Jahr um 5 Sekunden verrückt, und wissen wir, daß seine Bewegung rechtwinklig zu unserer Gesichtslinie vor sich gegangen ist, so hat er bei einer Entfernung von 10 Sternweiten einen Weg von 2 Sonnenweiten zurückgelegt, sein Weg ist aber größer, wenn jene Voraussetzung nicht stattfindet. Da wir nun hierüber nicht entscheiden können, so können wir auch über den wirklichen Betrag der Ortsveränderungen nichts Sicheres aussagen, die wir wahrnehmen.

Hiernach wird es nicht auffallen, daß man die Sterne so lange für Fixsterne gehalten hat, daß man kaum seit einem Jahrhundert ihren eigenen Bewegungen (mit Einschluß der Sonnenbewegung) auf der Spur ist, daß Jahrzehente und Jahrhunderte vergehen müssen, bis man durch Vergleichung genauer Beobachtungen aus entlegenen Zeiten Näheres darüber erfahren kann. Auch mußten erst die mannigfaltigen scheinbaren Ortsveränderungen bekannt sein, welche die Sterne zeigen, theils in Folge von Umständen, wie die Abirrung des Lichts, wovon im vorigen Abschnitt die Rede war, theils in Folge davon, daß die Ebenen und Linien ihre Lage ändern, in Beziehung auf welche man die Sternörter beobachtet und aufzeichnet. Denn da dieß die Ebenen des Aequators und der Ekliptik, sowie die Durchschnittslinie beider Ebenen oder die Nachtgleichenlinie, sind, welche die im vierten Abschnitt betrachteten Veränderungen erleiden, so müssen die Sternörter verschieden ausfallen, die zu

verschiedenen Zeiten beobachtet worden sind. Die Veränderung der Sternorte in Folge der Präcession ist auch im Verlauf der Jahre so bedeutend, daß sie schon im Alterthum von Hipparch wahrgenommen werden konnte; diejenigen aber, welche Folgen von der Abirrung des Lichts und von der Schwankung der Erdaxe sind, konnten erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts entdeckt werden, als die astronomische Beobachtungskunst durch Bradley zu ihrer jetzigen Höhe erhoben wurde. Solche scheinbare Bewegungen haben sich stets durch ihre Allgemeinheit, wie auch durch ihre Periode, wenn sie periodisch waren (wie Nutation und Aberration), verrathen, und sie konnten nach Entdeckung ihrer Ursache bei Untersuchung der Sternörter in Rechnung gezogen werden.

Aber eine unter den scheinbaren Ortsveränderungen der Sterne kann noch nicht in Rechnung gezogen werden, und man muß zufrieden sein, daß sie nur erst ihr Vorhandensein verrathen hat. Es ist dieß die von dem Fortrücken der Sonne im Weltraum herrührende scheinbare (oder parallaktische) Bewegung der Sterne, oder die Systemparallaxe. Von jener Bewegung der Sonne war im vierten Abschnitt die Rede, mit dem Ergebniß, daß man höchstens ihre gegenwärtige Richtung mit einiger Sicherheit kennt. Zwar wollen neuerdings die russischen Astronomen auch über ihren jährlichen Betrag etwas herausgebracht haben, indem sie erst aus den Bewegungen der Sterne erster Größe auf den Winkel schließen zu können glaubten, unter welchem der jährlich von der Sonne zurückgelegte Weg von diesen Sternen aus erblickt werde, und alsdann vermöge der bekannten mittleren Entfernung dieser Sterne sogar seinen wirklichen Betrag zu etwa 33½ Millionen Meilen anzugeben wagten, wornach diese Bewegung ungefähr viermal langsamer wäre, als die der Erde um die Sonne. Allein dieses Ergebniß ist in der That noch so unsicher, wie die Angaben über die mittleren oder durchschnittlichen Entfernungen der Sterne nach ihren verschiedenen Größen oder Helligkeitsgraden, worauf wir bald zurückkommen werden. Die Ortsveränderungen der Sterne, welche sich aus der Vergleichung der Sternverzeichnisse von verschiedenen Epochen ergeben, sind

daher stets blos beziehungsweise Bewegungen, Ergebnisse von der Bewegung der Sonne und derjenigen der Sterne, keineswegs die wirklich eigenen Bewegungen der letzteren; man pflegt sie übrigens Eigenbewegungen der Sterne zu nennen, da die beiden Bewegungen, die dabei zusammenwirken, sich noch nicht wohl sondern lassen. Allerdings hat sich nun bei einer sehr großen Anzahl von Sternen eine eigene Bewegung in diesem Sinn gezeigt, aber wie klein ist dieselbe? Bessel, dem man diese Erforschung hauptsächlich verdankt, hat unter fast 3000 Sternen, welche in den beiden verglichenen Verzeichnissen vorkommen, gegen 1400 Sterne gefunden, deren jährliche Bewegung ein Zehntel einer Sekunde (oder den 36000ten Theil eines Grads) beträgt, so wie sie von der Erde aus erscheint; bei 70 Sternen ergab sich mehr als eine halbe Sekunde und nur bei 18 mehr als eine Sekunde; die größte unter allen betrug nur wenig über 5 Sekunden jährlich und kommt merkwürdiger Weise einem ziemlich unscheinbaren Stern 6ter Größe im Schwanen zu.

Hieraus ergibt sich jedenfalls thatsächlich, daß die eigene Bewegung eine allgemeine Eigenschaft der Sterne ist, was man geneigt ist, schon daraus zu folgern, daß alle Sterne frei im Raum schwebende Körper und der bewegenden Kraft der allgemeinen Massenanziehung unterworfen sind. Allein es ergibt sich auch wenig weiter; über den Sinn dieser Bewegungen, ihren Betrag, ihre Richtung, ihre Mittelpunkte u. s. w. wissen wir so gut als Nichts und leider müssen wir beifügen, daß Jahrhunderte vergehen können, bis man durch die mit der Zeit sich anhäufenden Wirkungen aus der Vergleichung so genauer Beobachtungen, wie sie jetzt angestellt werden, etwas Näheres auf jene Fragen wird antworten können. Man sieht nach den obigen Betrachtungen leicht, daß ihre vollständige Beantwortung auch die Beantwortung einer anderen schweren Frage voraussetzt, der Frage nach den Entfernungen der Fixsterne. Hierüber hatte man bis auf die neueste Zeit nur das mehrfach und namentlich schon im dritten Abschnitt angeführte Ergebniß, daß auch die nächsten Sterne zum allermindesten 200000 Sonnenweiten entfernt sein

müssen. Ebendaselbst ist bereits angedeutet worden, worauf die Bestimmung dieser Entfernungen beruht, nämlich auf der Messung der sogenannten Jahresparallaxe, oder auf der Messung des Winkels, den der Durchmesser der Erdbahn, diese Grundlinie von mehr als 41 Millionen Meilen, an den Sternen bildet. Es handelte sich also darum, durch fortgesetzte Beobachtung eines Sterns während eines Jahrs, scheinbare (parallaktische) Ortsveränderungen desselben wahrzunehmen, welche eben nur von der Veränderung des Standpunkts bei dem Umlauf der Erde um die Sonne herrühren können. Wir haben im vorigen Abschnitt gesehen, daß man im vorigen Jahrhundert wirklich eine jährliche scheinbare Bewegung der Fixsterne entdeckte, daß diese aber eine ganz andere Ursache hatte. Man wird aber jetzt auch einsehen, daß, ehe man diese winzigen Jahresparallaxen messen konnte, man alle übrigen Ortsveränderungen der Sterne, namentlich auch die sogenannte eigene Bewegung derselben, so genau als möglich kennen mußte. So hängt hier Alles von einander ab, und der große Astronom, welcher die erste Sternparallaxe mit Sicherheit maß, mußte daher zuvor jene Kenntniß von den Eigenbewegungen sich verschafft haben, die wir so eben mitgetheilt haben.

In der That ist hierin neuestens Bahn gebrochen; wir kennen nun die Entfernungen einiger Sterne mit ziemlicher Sicherheit. Uebrigens ist es erst noch eine Frage, ob die unmittelbare Messung einer Fixsternparallaxe auch nach allen jenen Vorarbeiten gelungen wäre, denn sie ist wegen der Kleinheit der zu messenden Größen zu unsicher. Sie ist gelungen durch ein neues künstliches Mittel, nämlich durch Vergleichung des betreffenden Sterns mit einem anderen, der jenem scheinbar sehr nahe steht, aber unverhältnißmäßig viel weiter entfernt ist, oder man ist zunächst auf eine beziehungsweise Parallaxe ausgegangen, und konnte daraus auf ein Höchstes schließen, welches die Entfernung nicht überschreiten kann (auf eine obere Gränze, wie man längst eine untere hatte). Wie man nämlich durch Veränderung seines Standpunkts davon sich überzeugen kann, welcher von zwei entfernten Gegenständen, die sich nahezu decken, der

nähere ist, wie man sofort durch Messung der dabei sich ergebenden Winkel zwischen den beiden Gegenständen herausbringen kann, wie vielmal der eine näher ist, und mithin dessen wirkliche Entfernung annähernd bekommt, wofern der andere unverhältnißmäßig weiter entfernt ist: geradeso hier bei den Sternen. Bessel hat selbst einen möglichst gemeinfaßlichen Bericht über die feine Messung erstattet, der er den schon erwähnten Schwanenstern (Nro. 61 im Schwanen) unterwarf, indem er ihn mit zwei sehr kleinen Nachbarsternen ein Jahr hindurch verglich. Wir haben diesen Stern bereits erwähnt als den, der die größte Eigenbewegung zeigt und eben deßhalb vermuthete Bessel mit Grund, daß er einer der nächsten sein werde. Die Entfernung ergab sich zu 592000 Sonnenweiten oder fast 3 Sternweiten, die das Licht in mehr als 9 Jahren durchläuft, so daß die Unsicherheit dieser Bestimmung nur noch ein paar Tausend Sonnenweiten mehr oder weniger beträgt, was also die runde Zahl so wenig mehr berührt, als Zehntausende von Meilen die runden Anzahlen von Millionen Meilen, nach welchen man die Entfernungen der Planeten angibt, d. h. die Angabe ist ebenso genau, als wenn man die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde zu 20600000 Meilen angibt. Die große Genauigkeit dieser Bestimmung ist durch eine spätere fast ganz gleich ausgefallene Messung auf der Sternwarte zu Pulkowa bestätigt worden.

Ungefähr gleichzeitig mit Bessels Messung hatte Struve die Messung der Parallaxe eines Sterns erster Größe, der Wega in der Leyer nach demselben Princip unternommen und eine Entfernung von ungefähr 789000 Sonnenweiten oder gegen 4 Sternweiten herausgebracht. Uebrigens scheint diese weniger sicher zu sein, denn eine spätere Messung zu Pulkowa gab eine weit größere Entfernung, so daß man als Mittel zwischen beiden wohl 5 bis 6 Sternweiten annehmen darf. Ueberhaupt wurden in neuester Zeit auf der genannten russischen Sternwarte die Entfernungen noch 6 anderer Sterne ermittelt, allein es scheinen dieselben fast durchaus an Sicherheit weit unter der des Schwanensterns zu stehen. Es befinden sich darunter noch zwei Sterne erster Größe, der Arktur im Bärenführer,

dessen Entfernung noch größer als die der Wega, nämlich gegen 8 Sternweiten wäre, und die Ziege im Fuhrmann, deren Entfernung sich sogar auf zwanzig Sternweiten belaufen würde, (wobei aber die Unsicherheit von dem Beobachter selbst auf fünf Sternweiten berechnet wird), endlich auch der Polarstern, ein Stern zweiter Größe, dessen Entfernung (mit etwas mehr Sicherheit?) etwa fünfzehn Sternweiten betrüge, zu der das Licht schon fast ein halbes Jahrhundert (über 45 Jahre) brauchte. Endlich wurden von Engländern auf dem Kap ein paar Parallaxenmessungen vorgenommen, namentlich für den Stern erster Größe im Centauren, der für Europa zu den stets unsichtbaren Südsternen gehört, übrigens fast dem Sirius an Glanz gleichkommen soll, mit dem Ergebniß, daß dieser Stern nicht viel über eine einzige Sternweite (1¼ bis 1½ solcher Weltruthen) entfernt, mithin der nächste unter allen Sternen wäre. Nach denselben Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel würde dagegen die Entfernung des Sirius selbst, des hellsten unter den Sternen erster Größe, nicht viel über vier Sternweiten betragen. Wir dürfen es übrigens uns nicht verhehlen, nicht nur daß das bisher Geleistete noch zu wenig ist, um ein allgemeines Urtheil über die Entfernungsverhältnisse der Fixsterne anzubahnen, sondern auch, daß die meisten von diesen wenigen Bestimmungen noch ziemlich unsicher sein mögen, weßhalb wir auch absichtlich die Besselsche Bestimmung des Schwanensterns vorangestellt haben, als das sicherste, was man überhaupt in dieser Hinsicht weiß.

Offenbar gehören nun diejenigen Sterne, deren Entfernung nur wenige Sternweiten beträgt, zu den nächsten, und dabei ist es ein bemerkenswerther Umstand, daß es keineswegs durchaus Sterne erster Größe sind. Man ist geneigt, bei diesen zu vermuthen, daß sie um ihrer Lichtstärke willen zu den nächsten Körpern der Fixsternwelt gehören, allein durch die angegebenen Ergebnisse wird diese Annahme selbst im Allgemeinen in Frage gestellt, und wir werden noch andere Thatsachen kennen lernen, welche eben dahin zielen, so daß man höchstens sagen darf, daß die Sterne erster Größe und die helleren Sterne überhaupt nicht zu den sehr entfernten Körpern unseres Systems

gehören, immerhin aber einen großen Spielraum der Entfernung haben mögen. Und in der That, warum sollte ein Stern erster Größe nicht auch eine größere Entfernung haben können, indem beträchtlichere Größe der Oberfläche, oder stärkere Lichtentwicklung oder beides zusammen die größere Nähe ersetzen kann? Deßgleichen auf der anderen Seite, warum sollten nicht auch Sterne von untergeordnetem Glanz (zweiter, dritter, ja selbst sechster Größe) zu den besonders nahen gehören können, indem ihre Unscheinbarkeit nur der kleineren Masse oder auch einer physischen Lichtschwäche zuzuschreiben ist? In dieser Beziehung ist eben der Schwanenstern besonders bemerkenswerth, auf dessen muthmaßliche Nähe wie gesagt seine beträchtliche Eigenbewegung geführt hat. Indessen dürfen auch die Beträge der Eigenbewegungen nicht als ganz maßgebend angesehen werden, d. h. wenn wir auch aus einem großen Betrag mit Sicherheit auf besondere Nähe schließen dürfen, so dürfen wir nicht umgekehrt aus einer unbeträchtlichen Eigenbewegung auf große Entfernung schließen, weil die Ortsveränderung eines Sterns uns nothwendig sehr klein erscheinen muß, wenn sie mit der Gesichtslinie einen sehr kleinen Winkel macht, d. h. einen Winkel, der sehr von einem rechten abweicht. Wo aber beides zusammentrifft, wie bei dem Centaurenstern, eine siriushafte Helligkeit und eine der beträchtlichsten Eigenbewegungen, da ist eine auffallende Nähe mehr als wahrscheinlich, und es sollte uns daher nicht Wunder nehmen, wenn dieser Stern überhaupt der allernächste Stern sein sollte.

So wenig aber nun hiernach die beziehungsweise Lichtstärke der Sterne oder ihre Unterscheidung in Sterne erster, zweiter, dritter Größe u. s. w. einen zuverlässigen Maßstab für ihre Entfernungsverhältnisse gibt: so ist doch ein Umstand höchst auffallend und führt uns stets wieder auf jene Betrachtung zurück, als einen bei dem Mangel besserer Mittel nicht ganz zu verschmähenden Anhaltspunkt. Dieser Umstand besteht darin, daß die Anzahl der Sterne so beträchtlich zunimmt in dem Maß, als ihre sogenannte Größe abnimmt, weßhalb man auch in neueren Zeiten darauf bedacht war, die verhältnißmäßige Lichtstärke der

Sterne genauer durch eigentliche (photometrische) Messungen festzusetzen. Die Lichtstärke unterscheidet sich zwar nach fast unmerklicher Abstufung, man hat aber solche Hauptstufen der Uebersichtlichkeit wegen festgesetzt, und die sechs ersten Helligkeitsgrade, die dem bloßen Auge von mittlerer Schärfe zugänglich sind, sind schon von den alten Astronomen angenommen worden. Zur ersten Größe zählt man nur 18 oder 19 Sterne, zur zweiten schon über 60, zur dritten, vierten, fünften, sechsten beziehungsweise etwa 200, 400, 1000, 2300 Sterne; von der siebenten Größe sind vermuthlich wenigstens 10000 Sterne am ganzen Himmel vorhanden, und die stark steigende Zahl jeder folgenden Größe darf man gar nicht mehr, auch nur beiläufig, zu schätzen wagen (höchstens in einzelnen Gegenden des Himmels). Was ist die Ursache hievon? Man wird nicht umhin können anzunehmen, daß die verschiedene Entfernung hiebei im Spiel ist oder mitwirkt, zumal wenn man auf die Millionen der kleinsten telescopischen Sterne und der Milchstraßensterne hinblickt, wovon wir bereits uns überzeugt haben. Man sieht hiernach namentlich deßwegen mehr Sterne höherer Nummer als niederer, weil jene (bei allen beträchtlichen Ausnahmen) im Allgemeinen entfernter und damit über einen größeren Raum vertheilt sind. Wenn man aber sofort aus den Zahlverhältnissen der Sterne verschiedener Ordnungen auf durchschnittliche Entfernungsverhältnisse und überdieß, vermöge der wenigen wirklich bekannten Abstände, auf die wirklichen mittleren Entfernungen der Sterne erster, zweiter, dritter Größe u. s. w. (bis über die neunte hinaus und bis zu der letzten, welche Herschels zwanzigfüßiges Telescop unterschied) schließen wollte, so gehört dieß ins Gebiet der Hypothesen.

Zu der Wahrnehmung der zahlreichen Eigenbewegungen und insbesondere derjenigen unserer Sonne, zur Messung einiger Sternparallaxen gesellt sich als die dritte wichtige Erweiterung unserer Kenntnisse von der Fixsternwelt die Entdeckung der physischen Doppelsterne und ihrer gegenseitigen Bewegung, und zwar geht diese noch etwas weiter zurück, als die beiden anderen, nämlich bis zu Herschel dem Vater, ist aber in neuerer Zeit besonders durch eine große Arbeit von W. Struve gefördert worden.

Man hat bei sehr vielen Sternen wahrgenommen, daß sie im Fernrohr in zwei (auch manchmal in mehrere) Sterne auseinander treten. Die Erscheinung ist in der That sehr häufig, man kennt über 3000, wo der scheinbare Abstand 32 Sekunden nicht übersteigt (nach allen Abstufungen von einer und selbst weniger als einer Sekunde an), noch viel größer ist die Anzahl, wenn man bis zu einigen Minuten scheinbaren Abstands fortgeht, und unter den 2641 Doppelsternen, welche Struve wiederholten, genauen Beobachtungen unterworfen hat, sind 64 dreifache, 3 vierfache und 1 fünf- oder gar sechsfacher (das sogenannte Trapez im Orionnebel), und wenn man bei den mehrfachen Sternen bis zu dem größeren scheinbaren Abstand von 75 Sekunden fortgeht, so sind es 113 dreifache, 9 vierfache und 2 mehrfache. Merkwürdig ist, daß die Doppelsternerscheinung unter den helleren Sternen verhältnißmäßig häufiger ist, als unter den lichtschwächeren; denn unter 100 Sternen findet Struve von der ersten bis zur dritten Größe 18, von der vierten bis fünften 13, von der sechsten bis siebenten nur 8, bei noch schwächeren bis zur neunten Größe endlich nur 3 oder 4 Doppelsterne. Das Helligkeitsverhältniß der Einzelsterne ist verschieden, völlige Gleichheit findet sehr selten Statt, und die Anzahl der Fälle, wo der Nebenstern bedeutend schwächer ist, übertrifft die der Fälle, wo er gleicher ist, etwa ums Dreifache. Eine ganz besondere Merkwürdigkeit ist endlich das farbige Licht der Doppelsterne. Man hat in dieser Beziehung gegen 600 hellere Paare untersucht, und 375 von gleicher Farbe vom glänzenden Weiß bis zum Grün gefunden, 116 Paare von ähnlichen Farben (gelb und weiß, blau und weiß, grün und blau, auch gelb sowie blau in verschiedenen Graden), endlich 104 von entgegengesetzten Farben (gelb und blau). Hiebei ist das Röthliche zum Gelben, das Purpur- und Aschfarbige zum Blauen gerechnet, und am allerhäufigsten ist der Begleiter oder der (schwächere) Nebenstern, wenn er überhaupt eine Farbe hat, bläulich (173 Fälle der Art). Hiebei ist endlich bis zum Befremden merkwürdig, daß die Vergleichung der Herschelschen und Struveschen Angaben für ein und dasselbe Paar manchmal verschieden sind, und zwar

auf eine Weise, welche sich aus der Verschiedenheit der optischen Werkzeuge nicht wohl erklären läßt. Was soll man erst von diesen Farbenänderungen denken? Wir lassen die Farbenfrage einstweilen auf sich beruhen und fragen erst nach der Ursache der Doppelsternerscheinung überhaupt.

Es kann bloß scheinbare Nähe sein, indem die Gesichtslinien nach den beiden (oder mehreren) Sternen nahezu zusammenfallen, während dieselben in sehr großer Entfernung hinter einander stehen können, dieß sind die optischen Doppelsterne. Es kann aber auch wirkliche Nähe sein, und dann ist ein physischer Verband anzunehmen, vermöge dessen diese physischen Doppelsterne besondere Systeme zusammengehöriger Weltkörper sind. Ist dieß schon wahrscheinlich wegen der großen Anzahl dieser Sternpaare, welche die erwartbare Häufigkeit jenes optischen Zufalls weit übersteigt (dieß findet sogar noch bis zu Sternpaaren von 5 Minuten scheinbaren Abstands Statt): so ist es bei einer beträchtlichen Anzahl thatsächlich festgestellt durch gegenseitige Bewegungen der beiden Sterne in Beziehung auf einander, welche man beobachtet hat, und welche man von den fortschreitenden Eigenbewegungen wohl unterscheiden muß, die wir oben betrachtet haben. Da ferner diese Eigenbewegung beiden Sternen gemeinschaftlich zukommen muß, wenn dieselben ein physisches Ganzes bilden, gleichwie Erde und Mond mit einander um die Sonne wandeln, so bot die Wahrnehmung einer gemeinsamen Eigenbewegung ein zweites Mittel dar, um die physischen Doppelsterne von den optischen zu unterscheiden, auch in Fällen, wo es noch nicht möglich war, eine gegenseitige Bewegung zu erkennen. Denn die Anzahl der letzteren ist freilich noch verhältnißmäßig gering, indem man unter den 2640 Paaren nur bei 58 die Stellungsveränderung mit Gewißheit erkannt, bei 39 sie sehr wahrscheinlich und bei 66 wenigstens angedeutet gefunden, bei den übrigen aber noch keine Spur wahrgenommen hat. Dagegen läßt die gemeinsame Eigenbewegung auf eine viel größere Menge von physischen Doppelsternen schließen; denn (um nur ein Beispiel anzuführen) unter den 560 Sternen, welche Argelander verglichen hatte, um aus

ihrer Bewegung das Fortrücken der Sonne nachzuweisen, waren 53 Struvesche Doppelsterne (d. h. deren scheinbarer Abstand 32 Sekunden nicht übersteigt), und wieder 41 derselben, die schon Herschel beobachtet hatte, gehören zu denen, deren Eigenbewegung erwiesen ist; von diesen 41 Paaren zeigten 40 die nämliche Eigenbewegung, und nur ein einziger stellte sich entschieden als optischer Doppelstern heraus; unter 27 anderen Sternpaaren bis zu 7 Minuten scheinbaren Abstands erwiesen sich bei dieser Untersuchung 14 als Systeme, 9 als optische Verbindungen und bei 4 blieb es zweifelhaft.

In den physischen Doppelsternen haben wir nun die Erscheinung vor uns, daß zwei Sonnen in Folge ihrer gegenseitigen Massenanziehung um einander sich bewegen. Zwei Körper welche sich gegenseitig anziehen, beschreiben nach den Gravitationsgesetzen gleichzeitig elliptische Bahnen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, und zwar derjenige die größere, welcher die kleinere Masse hat. Ist die Masse des einen sehr klein im Verhältniß zu der des anderen, wie z. B. die Masse der Erde bezüglich der Sonnenmasse, so verschwindet auch die Bewegung des Hauptkörpers gegen die des anderen, und es ergibt sich ein eigentliches Trabantenverhältniß, oder die Erscheinung einseitiger Umläufe. Bei den physischen Doppelsternen kommt nun entschieden auch der entgegengesetzte Fall vor, d. h. es gibt mehrere, wo die Einzelsterne ziemlich dieselbe scheinbare Größe oder Lichtstärke besitzen und wo daher wegen der gemeinschaftlichen Entfernung von uns auch auf gleichstehende wirkliche Größe und Masse geschlossen werden darf. Dieß ist die eine Klasse derselben, die andere aber ist die, wo der eine Stern sich durch auffallend größere Lichtstärke als der Hauptstern beurkundet, und wo daher das Verhältniß mehr oder weniger einem Trabantenverhältniß sich nähern mag, oder dem Verhältniß eines beziehungsweise ruhenden Centralkörpers und eines umlaufenden Begleiters. Sowie einmal gehörig viele Beobachtungen eines Doppelsterns eine längere Zeit hindurch angestellt sind, kann man die Keplerschen Gesetze darauf anwenden und die Elemente seiner Bahn berechnen, d. h. Umlaufszeit und

scheinbare Größe der Bahn. In der That hat man solche Rechnungen schon auf manche Doppelsterne angewendet und mit befriedigender Uebereinstimmung die beobachteten Bewegungen daraus erklärt. Die berechneten Umlaufszeiten verschiedener solcher Sterne belaufen sich von 43 und 80 bis zu 452 und 628 Jahren, aber auch auf etliche Jahrtausende; man muß indeß beifügen, daß bei den meisten die Zeiträume, aus denen Beobachtungen der gegenseitigen Stellungen vorliegen, noch zu klein sind, um in dieser Beziehung sichere Ergebnisse zu liefern. Alle diese Doppelsterne gehören zu denen im engeren Sinn; bei keinem der Sternpaare von mehr als 32 Sekunden Abstand hat die Beobachtung bis jetzt eine Stellungsänderung ergeben, so daß da, wo ein Gravitationsverband bei solchen Sternen wirklich Statt findet, die Umlaufzeiten wohl schon in Zehntausende von Jahren laufen müssen.

Wenn nun aber außer den bezeichneten Bahnelementen eines Doppelsterns auch dessen Entfernung von der Erde bekannt ist, so wird damit ein neuer Aufschluß möglich, nämlich die Bestimmung der Masse des Sternpaars im Verhältniß zur Sonnenmasse. In der That folgt dann aus der scheinbaren Größe der Bahn (wie jedes Gegenstands, dessen Entfernung man kennt) die wirkliche Größe, also in Verbindung mit der Umlaufszeit die Geschwindigkeit, deren Vergleichung mit derjenigen der Erde um die Sonne auf das Verhältniß der bewegenden Kräfte, und folglich auf das der Massen schließen läßt. Und hier müssen wir unseren Schwanenstern zum Drittenmal erwähnen; er ist ein Doppelstern, dessen beide Körper fast die gleiche Helligkeit von der fünften bis sechsten Größe darbieten. Leider ist es fast noch zu früh, um den Ergebnissen der auf ihn angewandten Rechnung hinreichende Sicherheit zuschreiben zu können. „Man kann, sagt Bessel, aus den bisherigen Beobachtungen bloß erkennen, daß die Umlaufszeit nicht kürzer ist, als 5½ Jahrtausende, und daß der größte Halbmesser der Bahn unter keinem kleineren Winkel sich zeigen wird, als dem von 15 Sekunden; diese Gränzen bloß auf der einen Seite (nicht kleiner) sind allerdings noch nicht hinreichend zu einer Massenbestimmung,

allein sie machen wenigstens wahrscheinlich, daß die Masse dieses Doppelsterns nicht beträchtlich kleiner oder größer ist, als die Hälfte der Sonnenmasse." Welches Ergebniß, einen Fixstern mit einiger Näherung gewogen zu haben! Da nun hiernach die Sonne, schließt Bessel, in Vergleichung mit jenem Sternchen weder für ein besonders großer, noch für ein besonders kleiner Körper zu halten ist, so bestätigt dieses erste Ergebniß der Art die Ansicht, daß auch die Sonne ein gewöhnlicher unter den zahllosen Sternen ihres Systems sei. Auch der Centaurenstern ist ein physischer Doppelstern, und man will auch von ihm behaupten, daß seine Masse kleiner als die Sonnenmasse sei, indeß sind hier die Grundlagen jedenfalls noch viel unsicherer. Bemerken wir endlich noch, daß wir hier eine Doppelsternweite, d. h. die Entfernung zweier zu einem Doppelstern verbundenen Sonnen vor uns hätten, die nicht weniger als 45 bis 50 Sonnenweiten betrüge (denn so viel würden jene 15 Sekunden in der Entfernung des Schwanensterns ausmachen), daß es also wohl Sonnen giebt die sich viel näher stehen als die Fixsterne der unsrigen, die also wohl keinem Doppelsystem angehört.

Wie die Doppelsterne das einfachste Beispiel sind von teleskopischen Sterngruppen, so sind die physischen Sternpaare das einfachste Beispiel besonderer physischer Systeme in unserem Sternsystem, und den Uebergang zu den größeren Sondersystemen machen die vielfachen Sterne, (worunter man z. B. auch doppelte Doppelsterne aufführt, d. h. Systeme von zwei physischen Sternpaaren). Bei den größeren Sterngruppen (größer nämlich theils nach der Anzahl, theils nach den scheinbaren Abständen der Sterne), die unserem Sternsystem angehören und die von den im vorigen Abschnitt betrachteten Sternhaufen wohl zu unterscheiden sind, zeigt das Fernrohr in der Regel bedeutend mehr Sterne als das bloße Auge, und es erhebt sich wieder die Frage, ob es blos optische Gruppen, oder Gravitationssysteme seien. Dahin gehört das Haupthaar der Berenice und die Plejadengruppe, wo das Fernrohr 50 bis 60 helle Sterne zeigt, die einen mäßigten und abgesonderten Raum des Himmels einnehmen. Gerade bei der letzterwähnten Gruppe

ist es nun auch überaus wahrscheinlich geworden, daß ihre Sterne im physischen Verband stehen, sowie daß Alcyone der Centralstern derselben sei, eine Wahrnehmung von Bessel, welche Mädler bei seiner Centralsonne benutzt hat. Auch darf man überhaupt sagen, daß die Wahrscheinlichkeit eines besonderen physischen Verbands mit der Menge der Sterne in einer Gruppe steigt, welche auf einen verhältnißmäßig kleinen abgesonderten Raum sich projicirt. Allein wenn man hiernach zahlreiche Sondersysteme innerhalb unseres großen Systems vermuthen kann, so ist es doch noch bei sehr wenigen auch nur bis zur Wahrscheinlichkeit aus den Beobachtungen nachgewiesen, und dergleichen Nachweisungen erstrecken sich meist nur erst auf kleinere Gruppen kaum über ½ Grad scheinbaren Abstands, die man wohl auch noch zu den Doppelsternverbindungen in weiterem Sinn zählt.

Von den physischen Sondersystemen, deren Dasein keinem Zweifel unterliegt, kehren wir zu der Frage nach einem allgemeinen Gravitationsverband in unserem Sternsystem zurück. Die Folgen desselben wären in den fortschreitenden Eigenbewegungen der Sterne zu erkennen, und umgekehrt müßten diese die thatsächlichen Belege für oder gegen jenen Verband liefern. Diejenigen Eigenbewegungen, welche der Bewegung des ganzen Systems zuzuschreiben sind, vermischen sich jedenfalls mit beziehungsweisen Bewegungen der einem größeren Sondersystem angehörigen Sterne, und unterscheiden sich nur bei den kleineren hinlänglich, auf deren Kenntniß wir bis jetzt beschränkt sind. Wenn man nun alle Eigenbewegungen nur aus den gegenseitigen Anziehungen der sich zunächst stehenden Sterne erklären und unsere ganze Sternenwelt aus solchen kleineren Sondersystemen zusammensetzen wollte, so würde man auf bedeutende Schwierigkeiten stoßen, sie sind für diese Annahme zu groß. Wenn man z. B. die bedeutenden Eigenbewegungen der beiden Doppelsterne im Schwanen und im Centauren, deren Entfernungen wir kennen, aus den Anziehungen zwischen ihnen und unserer Sonne herleiten wollte, so findet sich die wirkliche Masse der Sonne viel zu klein dazu; flüchtet man sich aber von da zu der an sich gewagten Annahme einer größeren unsichtba-

ren Masse, die in der Nähe dieser drei Körper stünde, so wären von einer solchen auch eigenthümliche Störungen der Planeten zu erwarten, dergleichen die Erfahrung nicht kennt. Daraus folgt aber freilich der allgemeine Systemverband bis zu den fernsten Milchstraßensternen noch nicht; der Fall, daß die Sterne große Sondersysteme bildeten, deren einzelne Glieder auf Zehntausende, Hunderttausende und Millionen sich beliefen, daß wir also in den beobachteten Eigenbewegungen nur erst die Bewegungen in unserem Sondersystem vor uns hätten, ist noch ebenso gut möglich, als daß es schon die allgemeinen Bewegungen in dem größeren Ganzen wären. Diese Frage zu entscheiden, ist die Zeit noch nicht da, genug daß die bisherigen Erfahrungen uns auf ein sehr viele Glieder umfassendes System hinweisen, sei es nun das ganze Sternsystem oder ein Sondersystem innerhalb desselben.

Welcher von beiden Fällen aber stattfinden mag, so dürften wir den allgemeinen Verband nicht in der Herrschaft eines überwiegenden Centralkörpers suchen, einer Centralsonne, welche alle Sterne des Systems an Anziehungskraft und Masse so überträfe und ihre Bewegungen so lenkte, wie unsere Sonne ihre Planeten. Einen solchen Centralkörper giebt es nicht, weil ein solcher durch seine ungeheure Masse sich verrathen haben müßte. Nicht etwa durch ihren Glanz, denn es könnte eine dunkle Masse sein, und man könnte es sogar artig finden, daß gleichwie die dunkeln Planetenmassen durch das Band der Schwere an Sonnen gekettet sind, um von ihnen zugleich Licht und Wärme zu empfangen, so ihrerseits die Sonnen wieder schaarenweise an einer dunkeln Riesenmasse durch dasselbe Band der Schwere aufgehangen wären. Aber die Riesenmasse müßte sich durch die Wirkungen ihrer riesenhaften Anziehungskraft verrathen haben, d. h. wir müßten an den Sternen in ihrer näheren Umgebung stärkere Eigenbewegungen wahrgenommen haben, als die beobachteten sind, und dieselben müßten sich überdieß nach gewissen Richtungen hin, nämlich mit wachsender Entfernung von jener Masse, allmälig vermindern, wie dieß bei den Planeten der Fall ist. Die Eigenbewegungen sind für diese An=

nahme zu klein, wie sie in der obigen zu groß waren. Wohl hat man früher solche Begriffe mit einer Centralsonne der Fixsternwelt verbunden, und dieselbe dann auch blindlings im Sirius als dem hellsten der Sterne gemuthmaßt; aber von solchen Vorstellungen ist jetzt nirgends mehr die Rede, und man würde auch der schon angeführten Mädlerschen Hypothese Unrecht thun, wenn man glauben wollte, daß nach derselben die Alcyone diese Rolle spielen sollte.

Es ist aber noch ein anderes Gravitationsverhältniß in einem Sternsystem denkbar, welches sich ebensowohl auf jene entfernten teleskopischen Sternhaufen, wie auf den größeren Sterninbegriff anwenden läßt, von welchem unsere Sonne zunächst ein Glied ist. Denken wir uns der Anschaulichkeit wegen einen bestimmten Fall, einen kugelförmigen Sternhaufen, in welchem die einzelnen Körper gleichmäßig vertheilt und durch (im Vergleich mit ihrer Größe) sehr beträchtliche Abstände getrennt sind. Ein solcher kann durch die gegenseitigen Anziehungen dieser Körper so regiert werden, daß eine gemeinschaftliche Bewegung derselben um den Schwerpunkt des Systems entsteht, indem die Gesammtanziehung aller dem Schwerpunkt näher befindlichen Massen die bewegende Kraft für die entferntere Masse ist. Diese Kraft ist dann stets nach dem Schwerpunkt gerichtet und um so größer, je größer der Abstand von demselben, so daß die einzelnen Körper in gleichen Zeiten Ellipsen um den Schwerpunkt beschreiben, wobei sie sich also um so schneller bewegen müssen, je größer diese Ellipsen sind oder je weiter sie von dem Schwerpunkt abstehen. Ob nun die Eigenbewegungen in unserem System mit diesem Gesetz einigermaßen übereinstimmen, läßt sich noch keineswegs entscheiden, und die von Mädler herausgebrachte Uebereinstimmung in Beziehung auf den durch die Alcyone bezeichneten Punkt ist unzuverlässig, wie wir schon berichtet haben. Hier aber ist nachzutragen, daß dieß der Sinn der Mädlerschen Centralsonne ist, daß sie nämlich nichts anderes sein soll als der Schwerpunkt des Sternsystems, dessen Ort im Raum alsdann, wie Mädler schließen zu können glaubte, ungefähr durch den Stern Alcyone bezeichnet wäre, etwa so, wie

der Ort des Pols durch den Polarstern, weßhalb auch besser Centralstern gesagt würde, als Centralsonne.

Dieß ist Alles, was wir derzeit über die Gravitationsverhältnisse in der Fixsternwelt sagen können; die Veränderungen, welche alle die großen und zahlreichen anziehenden Kräfte seit der Epoche der genauen Beobachtungen in der Stellung der Sterne hervorgebracht haben, gänzlich unmerklich für grobe Beobachtungen, sind noch zu gering, um weitere Schlüsse zu gestatten, aber wiederum bedeutend genug, um bedeutende Erweiterungen unserer Kenntnisse in den kommenden Jahrhunderten anzubahnen. In der That bilden die erzählten Wahrnehmungen eine so ahnungsvolle Ausbeute, welche ganz der neuesten Zeit angehört, daß der Kosmos sich hier, um dieses Zeitinteresses willen, eine größere Ausführlichkeit mit geschichtlichen Andeutungen erlaubt hat. Es erübrigt zum Schlusse des Abschnitts einiges über die Lichtveränderungen zu sagen, die man bei manchen Fixsternen wahrgenommen hat.

Eine hieher gehörige Erscheinung kam bereits bei Gelegenheit der farbigen Doppelsterne zur Sprache. Auch das Licht einzeln stehender Sterne zeigt manchmal einen farbigen Ton, der besonders im Fernrohr hervortritt, während übrigens das weiße dem unserer Sonne ähnliche Licht das vorherrschende ist. Jener Farbenton ist meistens gelb und röthlich, man spricht aber auch von grünlicher und bläulicher Färbung. Ebenso scheinen auch hier Farbenveränderungen vorzukommen; die Alten führen den Sirius als roth an, während er uns vollkommen weiß erscheint. Bei anderen Sternen ergeben sich Aenderungen im Glanz oder in der Größenklasse, wenn man ältere Angaben mit den neueren vergleicht. So galten sonst die Sterne Alphard in der Wasserschlange und Denobola im Löwen als Sterne erster Größe, während ihnen jetzt nur die zweite, dem ersteren kaum, zuzuschreiben ist. Umgekehrt wird Atair im Adler von den Alten als Stern zweiter Größe aufgeführt, während er jetzt entschieden zur ersten Größenklasse gehört. Kastor war sonst heller als Pollux, jetzt ist es umgekehrt. Hauptsächlich gehören aber hieher die sogenannten veränderlichen

oder periodischen Sterne und die vorübergehenden (oder temporären) Sterne.

Es giebt unter den Sternen welche, die eine regelmäßig wiederkehrende Vermehrung und Verminderung ihres Lichts zeigen, die einen gleichförmiger als die anderen, in längeren oder kürzeren Zeiträumen, sowie zwischen engeren oder weiteren Gränzen, ja es giebt ein paar Fälle, wo dieser Wechsel von sehr hellem Licht bis zu völligem Verschwinden sich erstreckt. Man kennt etwa 15 solcher Sterne genauer, so daß man die Perioden des Wechsels angeben kann, welche von wenigen Tagen bis zu vielen Jahren sich erstrecken; bei etwa 20 anderen sind Lichtveränderungen wenigstens mit einiger Gewißheit erkannt worden. Die beiden merkwürdigsten dieser Sterne sind Mira im Wallfisch und Algol im Perseus. Die Veränderlichkeit des ersteren wurde schon zu Ende des 16. Jahrhunderts von dem Entdecker der Sonnenflecken bemerkt; seine Periode beläuft sich auf 334 Tage, und der Lichtwechsel geht im allgemeinen so von statten, daß er sein hellstes Licht 14 Tage behält, dann 3 Monate bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit abnimmt, sofort 5 Monate lang unsichtbar bleibt, um alsdann während der übrigen 3 Monate zuzunehmen. Sein hellstes Licht kommt manchmal dem eines Sterns zweiter Größe gleich, „manchmal," denn er gelangt nicht bei jeder seiner Erscheinungen zu demselben Helligkeitsgrad; auch soll er einmal 4 Jahre lang gar nicht zum Vorschein gekommen sein (nach Hevel vom October 1672 bis 1676), was sich übrigens ganz einfach daraus erklärt, daß seine Periode vom Jahr nicht sehr verschieden ist, daß also die Zeit seiner Helligkeit mit der seiner Unsichtbarkeit wegen des Zusammenscheins mit der Sonne einige Jahre nach einander zusammenfallen kann. Viel kürzer noch ist die Periode des gewöhnlich als ein Stern zweiter Größe erscheinenden Algols; sie beträgt nämlich nur gegen 69 Stunden, und der Hergang dabei ist folgender. Nachdem er 62 Stunden mit ungetrübtem Glanz geleuchtet hat, nimmt er plötzlich und rasch ab, so daß er in 3½ Stunden zur vierten Größe herabkommt, um alsdann wieder eben so lang bis zur zweiten Größe

zuzunehmen; eine Erscheinungsweise, die man seit 1782 fortwährend beobachtet hat.

Man erzählt endlich von Sternen, die nur eine Zeitlang sichtbar gewesen, plötzlich erschienen und wieder (auf immer?) verschwunden sind. Die berühmtesten Beispiele solcher „Weltbegebenheiten" sind die Sterne Tychos und Keplers. Im Jahr 1572 den 11. November zeigte sich nach Tychos Bericht im Sternbild der Cassiopeja plötzlich ein Stern mit siriushaftem Glanz und nahm sofort zu, bis er den Jupiter überstrahlte und wie Venus bei Tag sichtbar war; noch im December desselben Jahrs fieng er an abzunehmen und war im März 1574 gänzlich verschwunden. Desgleichen sah Kepler im Jahr 1604 im Fuß des Schlangenträgers einen neuen Stern, heller als die Sterne erster Größe, der das Jahr darauf spurlos verschwunden ist und vor dem Verschwinden durch mehrere Farben hindurch gespielt haben soll. Vielleicht sind diese Sterne ebenfalls periodisch, aber so daß die Periode sehr lange dauert und daher noch keine Wiedererscheinung bemerkt worden ist; ja da auch in den Jahren 945 und 1260 in der Gegend des Tychonischen Sterns neue glänzende Sterne erschienen sein sollen, so vermuthet man, daß dieser eine Lichtperiode von etwa 300 Jahren oder darüber haben und somit der vorigen Klasse angehören dürfte. Der andere Stern Keplers, welcher im Jahr 1600 im Schwan in erster Größe sich zeigte und, nachdem er 19 Jahre von ihm beobachtet worden, im Jahr 1621 verschwand, wurde 1655 von Cassini wieder in dritter Größe und von Hevel 1665 gesehen; späterhin fand man ihn wieder als Stern sechster Größe, in welcher er noch jetzt gesehen wird. Offenbar kann dieser Stern früher, wenn er die sechste Größe nicht überstieg, gar wohl übersehen worden sein. Noch eine Erscheinung dieser Art wird vom Jahr 1670 berichtet, wo ein neuer Stern dritter Größe im Kopf des Schwanen entdeckt wurde, der nach 2 Monaten verschwand, 1671 im März als Stern vierter Größe und im folgenden März als Stern sechster Größe wieder erschien, seitdem aber nicht wieder gesehen worden ist. Eine seltsame vorübergehende Lichtänderung wurde in neuester Zeit von

dem jüngeren Herschel an einem Stern des Schiffs Argo wahrgenommen, der stets als Stern zweiter Größe ohne alle Veränderlichkeit gegolten hatte; im December 1837 erschien er nämlich als ein Stern erster Größe mit zunehmendem Glanz bis zum Januar, wo er dem Centaurenstern gleich kam und dann wieder abnahm. Man findet endlich auch im Alterthum ein paar Angaben über neue Sterne von außerordentlichem Glanz, namentlich soll eine solche Erscheinung im Jahr 125 vor Christus den großen Hipparch zur Anlegung des ersten Sternverzeichnisses bewogen haben; allein die älteren Nachrichten sind zu unsicher, um Gewicht darauf legen zu können.

Es ist bereits die Vermuthung ausgesprochen worden, daß die vorübergehenden Lichtänderungen und die periodischen in Eine Klasse von Erscheinungen gehören könnten, sofern die ersteren nur unvollkommen bekannte periodische Veränderungen sein möchten, indeß können es auch vereinzelte Weltbegebenheiten sein. Daß wir darin eine höchste merkwürdige Klasse von Erscheinungen vor uns haben, ist klar, aber leider müssen wir die Antwort auf die Frage nach der Ursache schuldig bleiben. Wir wollen uns nicht näher auf die zahlreichen Hypothesen einlassen, welche darüber ausgesprochen worden sind. Wahrscheinlich sind für die verschiedenen Erscheinungen dieser Klasse verschiedene Ursachen aufzusuchen, jedenfalls denkbar. Bei Algol z. B. kann man an eine Bedeckung durch einen dunkeln Körper denken (eine Sternfinsterniß); bei dem Uebergang aus einer Größenklasse in die andere, die im Verlauf von vielen Jahrhunderten sich herausgestellt hat, an Näherung oder an Entfernung im Sinn der Gesichtslinie, je nachdem der Stern aus der zweiten in die erste oder aus dieser in jene übergegangen ist. Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, alle diese Erscheinungen, sammt den Farben der Sterne und der Doppelsterne insbesondere, aus einem gemeinschaftlichen optischen Prinzip abzuleiten, nämlich aus den Bewegungen des Beobachters, des Sterns und des Lichts. Da es sich aber um reine Hypothesen handelt, so wollen wir uns mit der großen Thatsache begnügen, daß es in der Fixsternwelt eigenthümliche Lichtveränderungen

gibt, welche dereinst merkwürdige Aufschlüsse geben werden, sei es über die Natur und die Gesetze des Lichts, sei es über wesentliche Verschiedenheiten mancher Sterne von unserer Sonne, deren Natur uns ja auch noch so viele Räthsel darbietet, wie wir jetzt alsbald sehen werden.

Beim Uebergang zu unserer Sonne mit ihrem Reich dürfen wir es nicht versäumen, den Gedanken auszusprechen, daß dieses unser Sonnensystem keine vereinzelte Erscheinung im Weltall und insbesondere in unserem Sternsystem sein werde, daß vielmehr wohl auch andere dieser Sonnen eine Planetenwelt beleuchten mögen. Allein auf diese Wahrscheinlichkeit beschränkt sich auch Alles, was wir von planetenartigen dunkeln Sterntrabanten sagen dürfen. Höchstens dürfen wir noch darauf aufmerksam machen, was für eigenthümliche Systeme sich ergeben, wenn wir auch den Doppelsonnen eine Planetenwelt beigeben und die Möglichkeit uns vorhalten, daß jeder von beiden Sternen eines physischen Doppelsterns seine Planeten haben kann, welche demselben der Nähe wegen zunächst gehorchen, von dem anderen aber bedeutend gestört werden, während andere von beiden zugleich ebenmäßig abhängen können, als eigenthümliche Doppelsternplaneten und zweideutige Diener zweier Herren.

VII.

Das Sonnensystem, dessen Planet die Erde ist.

Aus dem Gebiet, wo bloße Lichtpunkte unserer Wahrnehmung sich darbieten und aus meist noch ungemessenen Weiten das Daseyn mächtiger lichtstrahlender Weltkörper verkünden, gelangen wir nun abwärtssteigend in das Reich der Sonne, dessen Weltkörper sich, freilich zum großen Theil nur dem Fernrohr, als Gegenstände von meßbarem Umfang darstellen, deren einzelne Punkte selbst wieder Gegenstände unserer Beobachtung werden können. Es wird gut sein, wenn wir uns sogleich vorhalten, was in dieser Beziehung das Fernrohr zu leisten vermag, damit wir nicht zu große Aufschlüsse über die Weltkörper unserer Nachbarschaft erwarten, sei es über die Königin Sonne, sei es über die größeren und näheren unserer Miterden, Venus, Mars, Jupiter, die fürs bloße Auge die schönsten Sterne des Firmaments sind, sei es über den nächsten Nachbar und Diener der Erde, den Mond, den wir aber erst im folgenden Abschnitt näher betrachten, da er zum engsten der Körpersysteme gehört, welche die Naturgeschichte des Himmels in absteigender Linie uns vorführt, zum System der Erde selbst, und seiner Nähe wegen wieder einen viel höheren Grad von Einzelheit gestattet, als die übrigen Körper des Sonnensystems. Wir folgen dabei dem trefflichen Ueberschlag Bessels von den Leistungen des Fernrohrs.

Man hat es, sagt Bessel, sowohl durch Spiegeltelescope als durch große achromatische Fernrohre (die sogenannten Refractoren) dahin zu bringen gewußt, daß man einen Gegenstand, der am Auge einen Winkel von einer Sekunde ein=

schließt, unter den günstigsten atmosphärischen Umständen so bestimmt sieht, daß man unterscheiden kann, ob er rund oder beträchtlich von der runden Figur verschieden ist. Diese Sekunde beträgt in der Entfernung des Mondes 1/4 Meile, in der 400mal größeren der Sonne 100 Meilen, in der wieder 5mal größeren des Jupiter 500 Meilen. Was also diese Größe in Wirklichkeit erreicht, kann auf diesen Weltkörpern seiner Figur nach unterschieden werden; was unter derselben bleibt, kann, wenn es hell genug ist, zwar erkannt werden, aber als ein Punkt ohne Figur. Vom Mond aus gesehen würde also z. B. die Stadt Königsberg, wofern sie sich durch Licht und Farbe hinlänglich von ihrer Umgebung unterschiede, nicht nur erkannt, sondern auch ihrem Umriß nach einigermaßen beurtheilt werden können; von der Sonne aus würde der zwischen Elbe und Memel liegende Theil des preußischen Staats als ein Punkt ohne Figur, ganz Preußen aber als ein etwas länglichter Fleck erscheinen; vom Jupiter aus würde sich ganz Europa nur als ein Punkt zeigen. Um noch anschaulicher einzusehen, welche Einzelheiten der Erdoberfläche man bei diesen Verkleinerungen noch würde wahrnehmen können, muß man sich die Erde nach den ihnen entsprechenden Maßstäben dargestellt denken. Soll aber eine Viertelmeile auf einer Karte gerade noch sichtbar werden, so muß der Maßstab derselben 30 Meilen auf einen Zoll bringen; der Theil Preußens zwischen Elbe und Memel wird also einen Raum von 3 Zoll einnehmen, und die nach diesem Maßstab verfertigte Karte wird so speciell sein, als man die Erde vom Mond, oder umgekehrt den Mond von der Erde sieht. Was man also auf einer solchen Karte nicht mehr erkennen kann, können wir auch auf dem Monde nicht mehr erkennen; auf der Sonne aber bleiben uns alle Einzelheiten verborgen, welche man auf einem Erdgloben von 1/8 Zoll Durchmesser nicht würde darstellen können, und auf dem Jupiter sehen wir nur so viel Einzelheiten, als ein Erdglobus von der Größe eines Nadelkopfs enthalten könnte. Diese Schätzungen sind dem Fernrohr eher zu günstig gemacht, und werden daher auch für eine Folgezeit, die noch mehr Kunst und Kostenaufwand an dieselben

gerückt haben wird, nicht beträchtlich unter der Wahrheit bleiben. Sie setzen überdieß voraus, daß die zu unterscheidenden Gegenstände durch Licht und Farbe hinreichend von ihren Umgebungen abstechen; wenn dieß nicht der Fall ist, so geben nicht mehr die Einzelheiten, welche man bei den erwähnten Maßstäben durch schwarze Striche auf weißem Grund darstellt, sondern das was schwächere Unterschiede der Farbe wiedergeben können, das gewünschte anschauliche Bild des unmittelbar Sichtbaren.

So weit Bessel. Wir bemerken nur noch, daß auch sehr viele von den Weltkörpern selbst, die wir sofort zu betrachten haben, zur telescopischen Welt gehören; so die Monde der anderen Planeten, der Ring des Saturn, die kleinen Planeten, deren Anzahl neuestens auf acht erhöht worden ist, der neue große Planet jenseits des Uranus, die Mehrzahl der Kometen (nicht nur bei größeren Entfernungen, sondern selbst in ihrer Sonnen- und Erdnähe). Wir beginnen nun unsere flüchtige Musterung des Sonnensystems mit der Sonne, unserem Fixstern, gleichwie wir die Musterung des Sternsystems mit der Milchstraße, unserem Nebelfleck, im vorigen Abschnitt begonnen haben.

Die Größe und Masse der Sonne sind zu wichtige Dinge für die Zurechtfindung der Erde im Weltall, als daß sie nicht schon im ersten Buche hätten berührt werden sollen. Stellen wir die Angaben darüber nochmals zusammen mit dem, was sich weiter daran anknüpft. Die Sonne übertrifft die Erde im Durchmesser 112mal, in der Oberfläche über 12000mal, im Inhalt über 13hundertausendmal; 108 Sonnenkugeln aneinander gereiht würden von der Erde zur Sonne reichen, wozu 12000 Erdkugeln erforderlich sind. Die Masse der Sonne ist aber nicht in demselben Verhältniß größer als die der Erde, in welchem sie diese dem Rauminhalt nach übertrifft, sondern nur rund 350000mal, woraus folgt, daß der Sonne eine 4mal geringere mittlere Dichte zukommt, oder eine mittlere Dichte, welche die des Wassers 1⅓mal übertrifft (specifisches Gewicht des Ebenholzes). Die Schwerkraft an der Oberfläche der Sonne ist nicht nach Maßgabe der Masse, sondern nur über 28mal

größer als die Schwerkraft an der Erdoberfläche, weil die Entfernung vom Mittelpunkt der Schwere bei der Sonne zugleich 112mal größer ist. Die Menge des Stoffs also, welche auf der Erde 1 Pfund wiegt, hat auf der Sonne ein Gewicht von über 28 Pfunden, ein Körper fällt auf der Sonne in der ersten Sekunde durch 428 Pariser Fuß, jede Kraft hätte daselbst einen 28mal größeren Widerstand zu überwinden. Welch andere Verhältnisse ergeben sich im Vergleich mit der Erde, schon wenn man die geringere Dichte des Sonnenstoffs mit der viel größeren Schwerkraft zusammenhält! Wenn wir aber erst die ungeheure Licht- und Wärmeentwicklung in's Auge fassen, deren Heerd die Sonne ist und in die wir das Wesen der Sonnennatur zu setzen haben!

Aber freilich das Licht der Sonne, blendend hell für unsere Augen, ist unbegreiflich dunkel für unseren Verstand. Was ist die eigentliche Quelle dieser außerordentlichen Ausstrahlung? Und was dieselbe auch sein mag, sollte nicht zu erwarten sein, daß die Sonne über lauter Ausstrahlen sich selbst aus-, d. h. zu Ende strahle, daß ihr Ausstrahlungsvermögen, worin es seine Ursache haben mag, sich allmälig erschöpfe? Wir können in der That nichts entscheidendes weder hiefür anführen noch für das Gegentheil, d. h. für ungeschwächte Erhaltung der Sonnenstrahlung, denn daß eine Abnahme in den geschichtlichen Zeiten sich bis jetzt nicht bemerklich gemacht hat, dieß kann auch blos eine außerordentliche Langsamkeit der Abnahme andeuten; auf der anderen Seite aber darf man sich schwerlich auf die Lichtveränderungen berufen, die man an Sternen wahrgenommen hat, weil wir über deren eigentliche Ursache gänzlich im Unklaren sind. So mag also die Sonne immerhin altern. An eine Abnahme ihrer Masse dürften wir dabei zunächst nicht denken, zumal auf dem Standpunkt der Lichtwellenlehre, sofern hiernach die Ausstrahlung in einer bloßen Mittheilung einer schwingenden Bewegung an den Weltäther besteht, und wir möchten fast hierin eine neue Empfehlung der Lehre von den Licht- (und Wärme-) Schwingungen finden. Eher könnte man an eine durch Erkaltung bewirkte Einschrumpfung des Sonnenkör-

pers denken, also an eine Abnahme des Sonnendurchmessers; allein man dürfte nicht erwarten, daß dieß den Beobachtungen des scheinbaren Durchmessers der Sonne merklich geworden sein sollte. Denn man muß sich erinnern, daß eine Sekunde in der Entfernung der Sonne 100 Meilen ausmacht, daß also der wirkliche Durchmesser um soviel abnehmen könnte, bis diese Abnahme den genauesten Beobachtungen merklich würde, und daß dieß erst in 12 Jahrtausenden einträte, wenn der Durchmesser der Sonne täglich um einen Fuß abnähme. Allein es ist, wie gesagt, ebenso wohl möglich, daß die Atomerschütterungen, oder die Bewegungen, worauf die Strahlung beruht, auf ungeheure Zeiträume in ungeschwächter Kraft erhalten werden.

Ueber die eigentliche Ursache der Erregung und Erhaltung dieser Bewegungen aber steht uns kein Urtheil zu. Und wenn wir auch an die eine oder andere Entstehungsart von Licht und Wärme, die wir auf der Erde kennen, bei der Sonne zu denken hätten, so müßten wir zugleich an einen Maßstab denken, unendlich verschieden von dem aller irdischen Hergänge. Wir werden z. B., was im dritten Buche weiter ausgeführt wird, auf einen Urzustand der Erde geleitet, wo sie im Feuer flüssig war, wo aller vergasbare Stoff in ihrer Atmosphäre sich befand und alles Verbrennliche verbrannte; sie mag damals mit eigenem Licht flammenartig geleuchtet haben. Sollen wir uns den Zustand der Sonne ähnlich vorstellen, nur nach Maßgabe der Massen in unendlich höherem Grad und darum auch auf unendlich längere Zeiträume anhaltend? Oder sollen wir an Hergänge denken nach Art derer, wodurch die Erde im Nordlicht zeitweise leuchtend wird, nur wieder nach einem so unverhältnißmäßig größeren Maßstab, bei welchem eigentlich die artliche Aehnlichkeit selbst aufhört? Oder sollen wir an ganz andere Umstände denken, wie sie die Erde gar nicht darbietet, wobei aber auch jede weitere Vorstellung von der Sache von selbst aufhört? Wir wissen es nicht; aber wir können nicht umhin, den Gedanken auszusprechen, daß sonnenhaftes Selbstleuchten durch eine sonnenhafte Masse bedingt sein

mag. Allerdings kennen wir die Fixsternmassen noch viel zu wenig, um diesen Gedanken erfahrungsmäßig zu belegen, und wir wollen auch nicht behaupten, daß beides immer zugleich vorhanden sei, weßhalb wir im fünften Abschnitt die Möglichkeit dunkler Weltkörper von sonnnenhafter Größe zugegeben haben, als es sich darum handelte, die Mannigfaltigkeit des Daseins auch der Möglichkeit nach zu ermessen. Ja wir können in letzterer Hinsicht auch noch den Gedanken von Encke hinzufügen, daß starke Lichtentwicklung und große Dichtigkeit in einem sich ausschließenden Verhältniß stehen mögen.

Was wir weiter von der Sonne aussagen können, gründet sich auf die Beobachtung der Sonnenflecken. Diese haben den älteren Herschel auf die Ansicht vom Bau der Sonne geleitet, welche nach ihrem wesentlichsten Merkmal heutzutage die allgemeine Ansicht der Astronomen geworden ist, daß nämlich der an sich dunkle Sonnenkörper von einer mächtigen Lichthülle (Photosphäre) umgeben sei. Diese soll nach Herschel selbst wieder aus mehreren Schichten bestehen, einer äußeren starkleuchtenden und einer inneren von schwächerem Glanz. Sogar Bessel, ein Feind der Phantasieen über die unbekannten Naturen der Weltkörper, drückt sich wie folgt aus. „Das Licht der Sonne verhindert uns eben zu erfahren, wie sie beschaffen ist; denn es kommt nicht von ihr selbst, sondern von einer Hülle, die ihren Körper umgibt und deren hin und wieder sich ereignendes Zerreißen einen Blick in das Dunkel darunter gestattet; der Abstich aber von dem allerhellsten Licht zu diesem Dunkel ist zu groß, als daß man auf der Sonne selbst etwas sehen könnte. Die Trennungen der Lichthülle, die sogenannten Sonnenflecken, sind übrigens meistens von kurzer Dauer und unbeständiger Form, bald fluthet das Lichtmeer wieder über ihnen zusammen, sowie es überhaupt große und heftige Bewegungen zeigt, welche heute seine Oberfläche gleichmäßig hell, morgen vielleicht schon mit unzähligen grauen Punkten besäet erscheinen lassen.“

Dieß ist die jetzige, von den Beobachtungen an die Hand gegebene Ansicht von den Sonnenflecken, über die man ehedem

die wunderlichsten Ansichten aufgestellt hat, wurden sie ja anfangs unter anderem sogar für sonnennahe Weltkörper gehalten und „sidera austriaca“ genannt (nach dem österreichischen Jesuiten Scheiner, einem ihrer ersten Beobachter). Daß man aber an dergleichen nicht denken dürfe, mußte bald aus ihrer Veränderlichkeit und Regellosigkeit geschlossen werden; auch zeigen sie sich im Vergleich mit den ganz schwarzen Flecken, welche die unteren Planeten bei ihren Vorübergängen an der Sonnenscheibe darbieten, so sehr dunkel nicht, sondern nur lichtgrau. Bedenkt man überdieß noch, daß alle irdischen Flammen und die glühendsten festen Körper dunkel erscheinen, wenn sie zwischen die Sonne und das Auge gehalten werden, so muß man mit dem jüngeren Herschel zugestehen, daß der Sonnenkörper, auf den man durch jene Oeffnungen hinabblickt, so dunkel er erscheint, gar wohl im Zustand des heftigsten Glühens sich befinden könnte (wenn auch nicht müsse?). Lernen wir die Flecken noch näher kennen.

Die Veränderlichkeit der Sonnenflecken deutet mit größter Entschiedenheit auf eine gasigflüssige, also flammenartige — denn was ist Flamme anderes als leuchtendes Gas? — Hülle von großer Mächtigkeit; „indem sie ihre Gestalt ändern, aufbrechen und sich zertheilen oder zusammenfließen, zeigen sie alle Merkmale der großen Beweglichkeit, welche nur dem flüssigen Zustand angehört, und der außerordentlichen Unruhe, die dem gasigen Zustand zukommt.“ Die schwärzlichen Kernflecken sind von einem minder dunkeln Hof halbschattenartig umgeben und verschieben sich gegen denselben bei ihrem Fortrücken auf der Sonnenscheibe; aus der Art dieser Verschiebung aber hat man mit Sicherheit geschlossen, daß die Kernflecken auf einer kleineren inneren Kugel sich bewegen in einer Vertiefung, die man wohl auf mehrere Hunderte von Meilen schätzt. So gewiß aus diesen Wahrnehmungen das Wesen der Sonnenflecken hervorgeht, so unsicher mag freilich die Angabe über die etwaige Dicke der Hülle sein, die man daraus entnehmen wollte (etwa 500 Meilen). In der Nähe der Flecken bemerkt man meistens hellere Stellen, die sogenannten Sonnenfackeln, unter welchen man

sich ungeheure wogenartige Anschwellungen des Flammenmeers zu denken hat, welche natürlicher Weise den Rissen oder Trennungen desselben zur Seite stehen müssen, zur abermaligen Bestätigung der obigen Ansicht. Auf die Annahme einer gedoppelten Hülle aber hat eben der hellere Hof der Flecken geführt, ja man glaubte selbst von einer dritten dunkeln wolkenartigen Schicht sprechen zu müssen.

Lassen wir dergleichen und bedenken wir vielmehr, wie ungemein großartig die Bewegungen in der Lichthülle sind, welche unserem Blick durch die Sonnenflecken und ihre Veränderungen erschlossen sind. Die Größe der Flecken ist zum Theil außerordentlich, dergestalt, daß sie bis zu 10000 Meilen im Durchmesser haben, also weit größer sind als die ganze Erdoberfläche, Fleckengruppen aber nehmen manchmal den vierten bis dritten Theil des Sonnendurchmessers ein und erstrecken sich also auf 50 bis 60 Tausend Meilen; gleichwohl aber ist gleichzeitig nie über den hundertsten Theil der uns zugekehrten Sonnenfläche mit Flecken bedeckt. Damit nun ein Fleck von jener Größe binnen sechs Wochen sich schließe, denn keiner dauert wohl länger, müssen sich seine Ränder täglich um Hunderte von Meilen nähern. Ein merkwürdiger Umstand ist es, daß die Flecken auf eine Zone beschränkt sind, welche sich bis zu 30 Grad zu beiden Seiten des Sonnenäquators erstreckt; wohl aber zeigt auch der übrige Theil der Sonnenscheibe wenigstens das schon erwähnte punktirte maserige Aussehen, welches in jener Zone der Fleckenbildung voranzugehen scheint. Auch diese Sonnenporen sind in beständiger Veränderung begriffen, und der jüngere Herschel macht darüber die Bemerkung, daß Nichts diese Erscheinung so treu darstelle, wie das langsame Niedersinken flockiger chemischer Niederschläge in einer durchsichtigen Flüssigkeit, so daß man sich des Gedankens kaum erwehren könne, daß die Sonnenhülle ein Gemenge flammender Materie mit einem durchsichtigen Mittel sein möge.

Zuweilen zeigt sich die Sonne ganz fleckenlos, ja man spricht von ganzen Jahren, wo sich keiner gezeigt haben soll, wobei man aber bedenken muß, wie viele Tage die Sonne der

Beobachtung durch Wolken entzogen wird. Dagegen hat man in verschiedenen Jahren von 33 bis 333 Flecken und Fleckengruppen gezählt und der fleckenlosen Tage von 0 bis 140. Etwas Gesetzmäßiges aber in der Erscheinung der Sonnenflecken, wie z. B. Perioden ihrer Häufigkeit und Größe u. dgl., hat sich bis jetzt nicht herausgestellt, so wenig als ein Einfluß auf die Erwärmung der Erde, und in Folge davon auf das Wetter. Es läßt sich dieß auch kaum erwarten, denn wenn auch bedeutende Strecken der Sonnenoberfläche durch die Trennungen der Lichthülle strahlenlos werden, so strahlen dagegen, wie wir gesehen haben, die Umgebungen, wo sich gleichzeitig die Lichtwogen häufen, um so stärker.

Durch ihr regelmäßiges Fortrücken an der Sonnenscheibe haben die Sonnenflecken noch einen Aufschluß gegeben, sie haben nämlich die Axendrehung der Sonne kennen gelehrt. Das Vorhandensein einer in westöstlicher Richtung vor sich gehenden Axendrehung der Sonne, deren Aequator von der Erdbahn nicht sehr abweicht, folgt mit Entschiedenheit aus dem gemeinsamen Fortrücken der Flecken in einerlei Sinn und gleichlaufenden Richtungen, wobei sie am einen Sonnenrande verschwinden und am anderen wieder erscheinen, was man bei allen dabei vorkommenden Veränderungen der Flecken stets wahrgenommen hat. Aber etwas unsicher wird freilich durch die Veränderlichkeit der Schluß auf die näheren Umstände der Axendrehung, nämlich auf ihren Zeitraum und auf die Lage der Axe, und daher mag es als ein noch immer nicht gehörig festgestelltes Ergebniß betrachtet werden, daß die Sonne in 25½ Tagen um ihre Axe sich dreht, welche mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von 82 Graden macht. Sie ist im Verhältniß zu der Größe des sich drehenden Körpers bedeutend schneller als die der Axendrehung der Erde, denn ein Punkt des Sonnenäquators legt einen 112mal größeren Weg in der nur 25½mal größeren Zeit zurück, hat also eine über viermal größere Geschwindigkeit als ein Punkt des Erdäquators. Die hieraus entspringende Schwungkraft am Aequator ist ungefähr 5½mal kleiner als auf der Erde, und scheint auch keine merk-

liche Abplattung des Sonnenkörpers zur Folge gehabt zu haben, denn nach allen Messungen ist derselbe eine vollkommene Kugel. Hiebei kann man nach dem, was im zweiten Abschnitt verhandelt worden ist, noch fragen, ob dieser Mangel an Abplattung lediglich von jener beträchtlich kleineren Schwungkraft herrührt, oder zugleich davon, daß bei der Sonne eine sehr bedeutende Verschiedenheit zwischen der Dichte im Inneren und an der Oberfläche stattfindet, dergestalt, daß ein sehr dichter Kern von einer sehr mächtigen lockeren Masse umgeben wäre. In der That stimmt dieß andrerseits sehr gut zu der Vorstellung, die man sich aus anderen Gründen von dem Bau des Sonnenkörpers nach Obigem machen möchte.

Außer den Sonnenflecken konnten noch vollständige Sonnenfinsternisse (oder nahezu vollständige) über die Sonne oder vielmehr über die weitere Umgebung der eigentlichen Sonnenscheibe belehren. In der That sieht man bei solchen Ereignissen die dunkle Scheibe des Monds von einem hellen weißen Ring umgeben, dessen scheinbare Breite 5 bis 6 Minuten beträgt, in Wirklichkeit also 30 bis 36 Tausend Meilen. Es kann kein Zweifel sein, daß dieß die erleuchtete Sonnenatmosphäre ist, welche die Lichthülle umgiebt, die uns stets scharf begränzt erscheint und durch ihren maßlos überwiegenden Glanz die viel weiter sich erstreckende Atmosphäre für gewöhnlich unsichtbar macht. Ohne Zweifel ist mit jenem Ring die äußerste Gränze der Sonnenatmosphäre noch keineswegs gegeben, auch erstreckt sich dieselbe gewiß, wie bei jedem Weltkörper, in der Aequatorzone um ein Namhaftes weiter als anderwärts; allein eine zu weite Erstreckung würde man ihr zuschreiben, wenn man die Erscheinung des Thierkreislichts, wovon ebendeßhalb anderswo die Rede sein wird, der Sonnenatmosphäre zuschreiben wollte, wie schon geschehen ist, indem diese dann bis über die Erdbahn hinaus sich erstrecken müßte. Vielmehr ist klar, daß keine Gashülle eines Weltkörpers weiter sich erstrecken könnte, als bis in die Entfernung, wo Schwere und Schwungkraft einander gleich sind, in welcher, wie die Mechanik lehrt, ein Trabant gleichzeitig mit der Axendrehung des Weltkörpers um diesen sich bewegen

würde. Die Mechanik lehrt aber ferner, daß die Sonnenatmosphäre in keinem stärkeren Verhältniß abgeplattet sein kann, als in dem, wornach der größte Durchmesser, im Aequator der Sonne, 1½ mal so groß wäre, als der kleinste, und daß daher die Sonnenatmosphäre auch in der Gleichenzone nicht weiter als bis zu $^{9}/_{20}$ des Merkuralstands, d. h. etwas über 3½ Millionen Meilen (von der Sonnenmitte an gerechnet) sich erstrecken könnte, was aber wohlverstanden nur die äußerste Gränze der Möglichkeit ist, hinter der die wirkliche Erstreckung weit zurückbleiben mag. Wir kommen auf ähnliche Betrachtungen bei der Erdatmosphäre im vierten Buch zurück.

Welcher Art nun auch die unfaßbaren Hergänge sein mögen, wodurch die Hülle von leuchtendem Gas oder das Flammenmeer der Sonne sich erzeugt, so muß gewiß die **Wärme auf der Sonne** einen ganz außerordentlichen Grad erreichen, welcher die stärksten Hitzegrade, die wir auf der Erde künstlich hervorzubringen vermögen, namentlich durch Vereinigung der Sonnenstrahlen mittelst Brennspiegel und Brenngläser, bei weitem übertreffen muß. Man hat allerlei Erfindungen gemacht, um etwaige Sonnenbewohner gegen diese überschwengliche Hitze zu schützen, z. B. Trennung des Sonnenbodens von der Lichthülle mittelst einer durchscheinenden Schicht, welche fast alle Strahlen zurückwerfe und nur soviel von Licht und Wärme durchlasse, als die guten Leute ertragen möchten, welche auch die Sonne bevölkern sollten, und die schon an der eigenen Schwere genug zu tragen hätten! Wir verkämpfen uns nicht für einen möglichen Wohnort vernünftiger Wesen, da es ja im Weltall sonst Platz genug für solche giebt, und sind vielmehr überzeugt, daß die Sonne ihrer Natur nach die **Bedingungen zum Leben nicht** enthält, so wenig als irgend eine ihrer Schwestern. Wohl aber werden wir sofort diese Bedingungen im Reiche der Sonne antreffen, zu dem wir jetzt übergehen.

Das **Reich der Sonne** zerfällt durch die **Planetenregionen** in eben so viele Provinzen, beziehungsweise Unterreiche. Man kennt deren bis jetzt **neun** mit **sechzehn Planeten**, denn in einer derselben befinden sich mehrere kleine

Planeten, von welchen bis jetzt acht bekannt geworden sind, welche sich in der fünften Region zwischen Jupiter und Mars in verschlungenen Bahnen umhertreiben. Die Planetenregionen selbst kreuzen sich nicht, sie sind im Gegentheil durch beträchtliche Zwischenräume von einander getrennt, dergestalt, daß jeder folgende mehr als anderthalbmal und weniger als zweimal so weit von der Sonne entfernt ist als der vorhergehende. Es ist auch das wesentlichste Merkmal der Planetennatur, daß diese Weltkörper, fest gebaut und massenhaft, auch an feste Räume gebunden sind, und dadurch stehen diese erdenhaften Ansiedler im Reiche der Sonne den gewiß myriadenweise vorhandenen Kometen gegenüber, jenen luftigen Nomaden des Sonnensystems, welche die verschiedenen Planetenregionen regellos durchkreuzend von Provinz zu Provinz schweifen. Während wir in einer Planetenregion ein System gleichgestellter Weltkörper, in mehreren anderen Systemen von Körpern haben, welche sich wieder einem Hauptkörper ebenso unterordnen, wie die Planeten selbst der Sonne, die Mondsysteme: liegt uns in unserer eigenen Region ein Beispiel von einer Unzahl kleiner Körperchen vor, die nicht mehr als selbständige Weltkörper zu betrachtenden Asteroiden, welche in großen Schwärmen die Sonne zu umkreisen scheinen und manchmal vereinigt oder schaarenweise mit der Erde zusammentreffen als Meteorsteine und Sternschnuppen (Feuerkugeln). In derselben Region treffen wir auch einen nebelartigen (?) Ring an, welcher die Sonne umgiebt und uns zeitweise als das sogenannte Thierkreislicht sichtbar wird; denn wir nehmen keinen Anstand, mit Humboldt diese beiden Erscheinungen dem Sonnensystem als Glieder einzureihen. Wir werden dieselben im nächsten Abschnitt, welcher von der Erdregion insbesondere handelt, näher besprechen; wagen aber hier die Vermuthung auszusprechen, daß ähnliche Erscheinungen wohl auch anderen Planetenregionen zukommen mögen, worauf wir bei Auseinandersetzung der allgemeinen Merkmale des Sonnensystems zurückkommen, wenn wir erst von den einzelnen Weltkörpern desselben nach den drei Hauptklassen, Planeten, Monden und Kometen gehandelt haben werden.

Die Planeten sprechen wir im Allgemeinen als erdenartige Weltkörper an; welche mächtige Unterschiede aber zwischen denselben stattfinden, welch großen Spielraum so zu sagen die Planetennatur darbietet, mag uns schon nach dem Bisherigen klar sein. Ehe wir aber auf die inneren Unterschiede näher eingehen, mögen ein paar Worte über ihre äußeren Erscheinungen, die Planetenconstellationen, und über ihr allmäliges Bekanntwerden gesagt werden. In dieser Beziehung unterscheiden wir alte und neue Planeten, in jener untere und obere. Die unteren, näher der Sonne stehend als die Erde, Venus und Merkur, erscheinen uns nur als Morgen- und Abendsterne, je nachdem sie westlich oder östlich von der Sonne stehen, sie sind unsichtbar in ihren beiden Zusammenscheinen (obere und untere Conjunction) und am sichtbarsten in ihren größten westlichen und östlichen Ausweichungen. Die oberen Planeten dagegen, weiter von der Sonne entfernt als die Erde, Mars, die kleinen, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, deren Bahnen Erde und Sonne zumal umgeben, kommen auch in Gegenschein mit der Sonne, wie der Mond, und sind uns dann als völlige Nachtsterne sichtbar sowie in größtmöglichem Glanz, weil sie dann der Erde am nächsten stehen. Auffallend sind nur drei dieser Körper, Venus, Mars und Jupiter, welche für's bloße Auge zu den hellsten Sternen des Himmels gehören (Venus sogar in heller Dämmerung sichtbar), gut ausfindbar ist auch Saturn und wenigstens in südlicheren Gegenden Merkur (nicht so bei uns, Kopernikus soll ihn nie gesehen haben!). Diese fünfe sind daher die alten Planeten, sechs mit der Erde, die durch Kopernikus in ihre Zahl kam (während vorher an ihrer Statt Sonne und Mond als Planeten galten, deren Siebenzahl die Woche zur Folge hatte). Die übrigen zehn sind die neuen Planeten, deren Entdeckung 1781 mit dem Uranus begann, als ein Stern sechster Größe für das bloße Auge noch sichtbar, aber unter den schon so zahlreichen Sternen dieser Größe bei seinem langsamen Lauf sich verbergend. Darauf folgte die erste Hälfte der Kleinplaneten von 1801 bis 1807; die Entdeckung der anderen Hälfte aber, sowie die des entferntesten Planeten

jenseits des Uranus gehört der neuesten Zeit 1845 bis 1847 an, womit indeß die Planetenentdeckungen noch keineswegs geschlossen sein dürften.

Die beiden ersten Entdeckungen dieser Art sind als das bloße Werk des Zufalls zu betrachten, aber aus Gelegenheit großer astronomischer Arbeiten; Uranus nämlich wurde als Planet erkannt von Herschel bei Gelegenheit seiner Himmelsmusterung mit dem Riesenfernrohr (nachdem er schon früher als Fixstern beobachtet und in die Sternverzeichnisse eingetragen worden war); Ceres aber wurde entdeckt von Piazzi bei Anlegung seines großen Sternverzeichnisses, des größten bis auf seine Zeit. Nachdem sofort die Wiederaufsuchung dieses Erstlings der Kleinplaneten im folgenden Jahr 1802 Olbers abermals zufällig den zweiten, die Pallas, in die Hände geliefert, wurden alle übrigen durch Suchen gefunden, als Ergebnisse einer „Planetenjagd," welche sofort in den Thierkreisgegenden des Himmels angestellt wurde in der Voraussetzung, daß noch mehrere vorhanden sein möchten. Wirklich folgten noch zwei derselben bald nach, 1803 die Juno von Harding, 1807 die Vesta wieder von Olbers entdeckt, worauf ein langer Stillstand eintrat, bis 1845 durch Henke's Asträa die zweite Folge eröffnet und im Jahr 1847 mit drei weiteren vermehrt wurde, zuerst mit Iris in England von Hind, dann mit Hebe, wieder von Henke, letztlich mit Flora, wieder von Hind entdeckt. Ganz anders aber ging es mit der Entdeckung des Neptun zu, des Planeten, „auf den die Gravitationsrechnung das Fernrohr gerichtet hat." Nichtübereinstimmung der Vorausbeobachtungen mit der Rechnung, seit 1820 bemerkt und unerklärlich durch die Störungen der bisher bekannten Körper, ließen entschieden auf die Wirksamkeit eines unbekannten entfernteren und großen Planeten schließen, ein Schluß, der seit der Mitte der dreißiger Jahre vielfach gezogen wurde. Aber erst um die Mitte unseres Jahrzehnts begann man zu rechnen in Deutschland, England und Frankreich; nämlich man unternahm es, die Elemente und damit den jeweiligen Ort des neuen Planeten aus den Uranusstörungen herauszurechnen, und die französische Rechnung von Leverrier

wurde im Herbst 1846 durch die wirkliche Auffindung des berechneten Planeten von Galle zu Berlin gekrönt. So sehr auch hier ein seltsamer, noch nicht gehörig aufgeklärter Zufall im Spiel gewesen zu sein scheint, sofern die Neptunbeobachtungen gar nicht mit den berechneten Elementen übereinstimmen, dergestalt, daß die Rechnung die Umlaufzeit um etwa 40 Jahr zu groß gegeben hat: so ist doch kein Zweifel, daß der neue Planet durch seine Wirkungen sich verrathen und durch Rechnung der Beobachtung überliefert worden ist.

Obgleich die Lichtenbergische Weissagung, das neunzehnte Jahrhundert werde die Anzahl der Planeten verdoppeln, bereits vor dessen Mitte mehr als in Erfüllung gegangen ist, da zu den sieben Planeten, mit denen das alte Jahrhundert schied, nunmehr neun neue hinzugekommen sind: so begnügen wir uns doch keineswegs mit denselben, sondern erwarten noch mehr Planetenentdeckungen von der Zukunft. Ohne Zweifel wird der neueste Hergang am Uranus mit der Zeit am Neptun sich wiederholen; auch er mag nach einem längeren Zeitraum von Beobachtungen, durch Nichtübereinstimmung derselben mit der Rechnung, einen noch entfernteren Nachbarplaneten verrathen; aber vielleicht ist derselbe der Entfernung wegen nicht mehr sichtbar, wofern nicht auch die optische Kraft der Fernrohre wiederum bis dahin gesteigert worden ist. Jeder neue Planet, der hier Gegenstand der Beobachtung wird, kann auf diese Weise einen weiteren verrathen bis zum wirklich letzten, dessen Bahn die Gränzen des Sonnensystems nach Außen bezeichnen würde; sowie aber einer nicht mehr gesehen werden kann, so ist es nicht mehr möglich, einen folgenden zu entdecken, und die Planetenreihe schließt auf dieser Seite mit einem unsichtbaren Körper, den man blos aus seinen Wirkungen kennt, wenigstens so lange nicht neue optische Mittel die Gränze abermals hinausrücken. Ebenso ist das in der fünften Region sich uns darbietende „Planetennest" mit den acht Körpern noch schwerlich erschöpft; ja es könnten mehrere Dutzende dieser Klein- oder Halbplaneten von mehr als mondhafter Kleinheit vorhanden sein, bis ihre Masse zusammen einen einzigen Planeten mittlerer Größe

ersetzte. Man könnte aber auch fragen, ob das Vorhandensein solcher Doppelplaneten oder mehrfacher Planeten (in der Planetenwelt eine Erscheinung wie die der doppelten und mehrfachen Sonnen in der Fixsternwelt!) auf diese Eine Region sich beschränke, indeß ist eine Mehrheit wenigstens für alle altbekannten Regionen bis zum Uranus nicht wahrscheinlich. Endlich könnte man weitere Planeten, oder vielleicht wenigstens noch Einen, diesseits des Merkur vermuthen; wenigstens darf es nicht als entschiedene Thatsache betrachtet werden, daß Merkur der erste Planet von der Sonne an sei. Daß ein solcher sonnennäherer Planet bis jetzt der Wahrnehmung sich entzogen hätte, dürfte nach dem, was oben über Merkur gesagt worden ist, nicht befremden, ja man möchte sogar mit Grund als die einzige Gelegenheit dazu seine Vorübergänge vor der Sonnenscheibe betrachten, und dann ist blos an die Sonnenflecken zu erinnern, um einzusehen, daß sehr wohl ein solcher Planet vorhanden sein könnte, ohne daß man ihn bis jetzt gesehen hätte. Daß er ferner noch nicht durch seinen störenden Einfluß auf Merkur nach Art Neptuns sich bemerklich gemacht hätte, dürfte dem nicht auffallen, welcher weiß, daß der Lauf des Merkur unter allen älteren Planeten zur Zeit noch am wenigsten genau bekannt ist, eben wegen der Schwierigkeit seiner Beobachtung. Einen solchen Hergang dürfte man vielmehr erst von der Zukunft erwarten, und wenn dann etwa die Gravitationsrechnung für das Vorhandensein eines solchen Körpers entschiede, so würden ihn seine Vorübergänge auch in's Fernrohr bringen, welche man dann vorausberechnen würde, wie den Ort des nun gesehenen Neptuns.

Aber kehren wir von dieser Aussicht auf künftige neue Glieder der Planetenreihe zu denen zurück, welche wir kennen. Der Hauptunterschied, den diese darbieten, ist der bereits angedeutete Gegensatz, in welchem die (so zu sagen) Vollplaneten, deren jeder ein besonderes Unterreich, oder wenigstens eine eigene Provinz im Reiche der Sonne bildet, den Halbplaneten gegenüberstehen, die nur Kreise oder Kantone einer einzigen Provinz vorstellen. Sie sind noch planetenhafte Körper und unterscheiden sich grundwesentlich von allen, auch den periodischen,

Kometen nach Aussehen sowohl als nach der Natur ihrer Bahnen, aber sie stehen auch nach ihrer Kleinheit wie nach den bedeutenden Abweichungen ihrer Bahnen von der Kreisgestalt und von der Grundebene des Systems (dem Sonnenäquator) an der Gränze der Planetennatur. Das letztere hängt ohne Zweifel mit der Kleinheit der Massen zusammen, denn auch die kleinsten unter den übrigen, Mars und noch mehr Merkur, zeigen in den genannten Elementen (namentlich Merkur in der Excentricität, die sogar stärker ist als bei Vesta und Ceres) weit größere Abweichungen als die übrigen Planeten. Man wird nicht erwarten, über die Oberflächen, Axendrehungen, Dichten dieser kleinen Körper etwas zu erfahren, kaum daß man über ihre Größe etwas Genaueres angeben kann, da ihre scheinbaren Durchmesser der sicheren Messung spotten. Eben daraus folgt aber wenigstens so viel, daß sie sehr klein sind, daß z. B. der Durchmesser der Pallas höchstens 145 Meilen betragen kann, dieser Planet also zum mindesten 34mal kleiner ist als der Mond; der Durchmesser der Juno scheint etwas größer zu sein, doch ist die Angabe von 300 Meilen gewiß noch zu groß; bei Ceres und Vesta ist noch kein Versuch einer Schätzung gemacht worden, übrigens ist letzterer der hellste unter den Vieren, weßhalb man schon an eigenes Licht bei ihr gedacht hat. Kurz es sind Planeten, beträchtlich kleiner als der Erdmond und als die anderen bekannten Monde, und die Astronomie hat genug zu thun, ihre verwickelten Bewegungen näher kennen zu lernen; von dem überaus merkwürdigen Umstand selbst aber, daß hier in Einer Planetenregion eine Mehrheit auffallend kleiner planetenhafter Körperchen vorhanden ist, kann erst bei Betrachtung der allgemeinen Verhältnisse des Sonnensystems weiter die Rede sein.

Von den übrigen Planeten, die wir diesen oder den Halbplaneten (Planetoiden) gegenüber Vollplaneten zu nennen uns erlaubt haben, ist auch der kleinste, Merkur, nach Inhalt und Masse beträchtlich größer als der Mond, im Vergleich mit der Erde aber nach Inhalt 16mal, nach Masse (die freilich noch keineswegs genau bekannt ist) etwa 11mal kleiner, während der größte, der Planetenriese Jupiter die Erde nach In-

halt 1414mal, nach Masse über 333mal, ja alle anderen bekannten Planeten zusammen über zweimal übertrifft. Die Vertheilung der Massen scheint durchaus kein Gesetz zu befolgen, denn die Masse nimmt vom Merkur bis zur Erde zu, worauf wieder eine kleinere Masse im Mars folgt; alsdann nimmt sie (jenseits der ganz kleinen) vom Jupiter bis zum Uranus ab, und Neptun ist wieder eher größer als kleiner. Ueberhaupt hängt nur Ein Element mit der Entfernung durch ein bestimmtes Gesetz zusammen, nämlich die Umlaufszeit durch Keplers drittes Gesetz. Die mittleren Abstände belaufen sich von weniger als ½ bis auf mehr als 30 Sonnenweiten, die Umlaufszeiten von ¼ bis zu etwa 170 Jahren.

Wohl aber zerfallen die Planeten, von welchen wir jetzt sprechen, nach der Entfernung von der Sonne in zwei wesentlich verschiedene Reihen, welche durch die Mittelregion der Halbplaneten von einander getrennt sind, in die Reihe der inneren kleinen und sonnennahen Vollplaneten und in die Reihe der äußeren großen und sonnenfernen Vollplaneten. Es sind zwei Hauptverschiedenheiten, die eine betrifft Masse und Dichte, die andere Axendrehung und Gestalt, um von dem Unterschied in der Bestrahlung durch die Sonne nichts zu erwähnen, die sich schon von Region zu Region so sehr geltend macht.

Während nämlich die inneren Planeten von der Sonne an Masse etliche Hunderttausendemal (Erde und Venus) bis ungefähr ebenso viele Millionenmal (Mars und Merkur) überwogen werden: überwiegt die Sonne die äußeren nur über Tausend- oder etliche Tausendmal (Jupiter und Saturn) bis Zehntausendmal und darüber (Neptun und Uranus). Der kleinste unter den äußeren übertrifft den größten unter den inneren (Uranus die Erde) zum mindesten zwanzigmal, und hiezu kommt noch die Menge der Trabanten in der äußeren Reihe. Denn während in der inneren nur ein einziger Mond vorhanden ist, hat Jupiter deren vier, Saturn sieben nebst einem Ringsystem, Uranus wenigstens zwei (oder drei, angeblich sogar sechs) und auch bei Neptun will man bereits zwei Monde nebst einem Ring wahrgenommen haben.

Aus allem dem erhellt die ungleich größere Massenansammlung in der äußeren Reihe. Allein die äußeren Planeten übertreffen die inneren noch vielmehr der Größe als der Masse nach, so daß ihre Dichte auffallend geringer ist, als die der inneren Planeten. Denn während bei diesen die mittlere Dichte von derjenigen der Erde nicht viel verschieden zu sein scheint (bei Merkur etwa anderthalbmal größer, bei Mars etwas kleiner als bei der Erde): sinkt die von Jupiter auf weniger als den vierten Theil der Erddichtigkeit herab, und noch geringer ist die der folgenden großen Planeten. Ueberhaupt scheint am ehesten in der Dichte ein Fortschritt mit der Entfernung obzuwalten, doch ohne bestimmtes Gesetz, vielmehr nur so, daß sie überhaupt abnimmt; indeß soll doch die Dichte des Uranus wieder ein wenig größer sein, als die von Saturn, welche dagegen die Hälfte von der Dichte Jupiters ist, und von den Kleinplaneten weiß man in dieser Beziehung gar Nichts. Man darf sich endlich nicht verhehlen, daß man die Massen mehrerer Planeten noch nicht genau genug kennt, zumal die der mondlosen Planeten, was man sich nach dem vierten Abschnitt leicht zurechtlegen wird. So schwankt man namentlich auch, ob Venus, welche jedenfalls nur um sehr wenig kleiner als die Erde im Inhalt ist, der Masse und somit auch der Dichte nach voran- oder zurücksteht, jedenfalls steht sie in diesen Hinsichten der Erde sehr nahe.

Der andere merkwürdige Gegensatz betrifft die Geschwindigkeit der Axendrehung. Freilich herrscht auch hier noch ziemliche Ungewißheit, ja bei Venus weichen die Angaben so weit von einander ab, daß die eine ebenso viele Tage (24 Tage 8 Stunden) für die Axendrehungszeit zählt, als die andere Stunden (23 Stunden 20 Minuten), indeß ist letztere verbürgter und wahrscheinlicher. Darf man sie annehmen, sowie die Angabe über die Axendrehungszeit des Merkur (zu 24 Sunden 5 Minuten, was auch noch ein unsicherer Gegenstand ist), so würde sich die Dauer der Axendrehung bei den vier inneren Planeten ziemlich gleich zu 24 Stunden, etwas darüber oder darunter, herausstellen (bei Mars ist die Zeit von 24½ Stunden Thatsache). Alsdann sticht aber die Länge der Zeiträume bei diesen

kleinen Planeten sehr ab gegen die ausnehmend kurzen Perioden der großen. Denn Jupiters ungeheure Kugel schwingt sich in weniger als 10 Stunden (9 Stunden 55½ Minuten) um ihre Axe, die Saturns in etwas mehr als 10 Stunden (10 Stunden 29 Minuten); bei Uranus und Neptun kann freilich keine Rede von dieser Kenntniß sein. Nehmen wir nun noch die langen Umlaufszeiten der äußeren Planeten (gemäß Keplers drittem Gesetz) hinzu, so steigert sich der Unterschied noch in dem Umstand, daß die Jahre dieser Planeten Myriaden ihrer Tage zählen.

Hiemit hängt ferner der Unterschied zusammen, daß die Gestalt, welche bei den inneren Planeten sehr nahe kugelförmig ist, bei den äußeren sehr bedeutend davon abweicht. Denn während bei der Erde der Unterschied zwischen dem Polar- und Aequatorial-Durchmesser einige Meilen beträgt, beläuft er sich bei Jupiter und Saturn auf anderthalbtausend Meilen und darüber. Aus der Größe der Abplattung folgt aber ferner, daß auch bei diesen Körpern die Dichte nach dem Mittelpunkt zu wachsen muß, wie bei der Erde, denn die Abplattung müßte schon bei gleichmäßiger Dichte viel beträchtlicher sein, als die wirkliche Abplattung, geschweige also, daß man an Hohlkugeln denken dürfte. Daraus mag man ermessen, wie gering die Dichtigkeit an der Oberfläche dieser Körper sein muß, wenn man auch nur das bei der Erde Statt findende Verhältniß der mittleren Dichte zu der oberflächlichen zu Grunde legt; denn dann ist sie bei Jupiter über viermal kleiner, also etwa halb so groß als die des Wassers, bei Saturn wieder zweimal kleiner, also etwa der des Korkholzes gleich; allein man darf eher noch stärkere Unterschiede zwischen Oberfläche und Kern annehmen als bei der Erde. Bei der Sonne ist nach dem obigen dieser Unterschied am bedeutendsten, da man an ihr keine Abplattung wahrgenommen hat, während dagegen ihre mittlere Dichte derjenigen von Jupiter am nächsten kommt (etwas weniges größer). Wie bei der Sonne, so sticht auch bei den äußeren Planeten gegen die geringe Dichte an der Oberfläche die bedeutende Schwerkraft merkwürdig ab, im Vergleich mit den

dießfallsigen Verhältnissen der inneren Planeten, namentlich der Erde. Die Schwerkraft ist keineswegs nach Verhältniß der Masse größer, sondern es kommt zugleich die Größe des Durchmessers in Betracht, wie wir schon bei der Sonne gesehen haben; überdieß veranlaßt die große Abplattung bedeutende Unterschiede. Ja bei Saturn ist die Polarschwere fast anderthalbmal so groß als die irdische, die Aequatorialschwere dagegen kleiner, nur $^3/_4$ von dieser, während sie auf dem Jupiter überall größer, an seinen Polen fast dreimal, an seinem Aequator etwas über zweimal größer ist als die Erdschwere. Venus muß hierin der Erde so ziemlich gleich stehen, während dagegen die beiden kleineren Planeten nur etwa halb so große Oberflächenschwere besitzen, als die Erde. Man sieht übrigens, daß in dieser Hinsicht minder auffallende Unterschiede zwischen den Planeten Statt finden, dergestalt daß die größte Oberflächenschwere an den Jupiterspolen die kleinste auf dem Mars kaum sechsmal übertrifft.

Zu den wichtigsten Naturverhältnissen der Planeten gehört auch die Stellung der Drehaxen gegen die Bahnen, die Schiefe der Ekliptik, wenn wir diesen Ausdruck von der Erde auf sie übertragen. Wir können hierüber freilich fast noch weniger Sicheres sagen, als von den Zeiten der Axendrehungen; von Merkur und Venus wissen wir in dieser Beziehung nichts, obwohl es nicht an Astronomen fehlt, welche für Venus eine Schiefe von 72 Grad in Anspruch nehmen. Für Uranus wollte man einen mittelbaren Schluß machen von der nahezu rechtwinkligen Stellung der Bahnen seiner Monde gegen die seinige; da aber dieser Schluß voraussetzt, daß die Mondbahnen von dem Aequator des Hauptplaneten nicht beträchtlich abweichen, was bei Jupiter und Saturn wirklich sehr nahe zutrifft, allein weniger bei der Erde, so dürfte es noch sehr in Frage gestellt sein, ob die nahezu senkrechte Stellung seines Aequators gegen seine Bahn (eine Schiefe von 90 Grad, jenes Aeußersten, das wir im dritten Abschnitt betrachtet haben) wirklich Statt findet. Dagegen nähert sich das Verhältniß bei Jupiter dem anderen Aeußersten, indem die Schiefe bloß 3 Grad beträgt, während sie bei Saturn (mit etwa 30 Grad) und bei Mars (mit 28 Grad) der Erde

am nächsten kommt. Da aber Saturn in anderer Hinsicht so sehr von allen inneren Planeten abweicht, so können wir bloß von dem Nachbarplaneten Mars behaupten, daß er ähnliche Jahrszeitenverhältnisse besitzen müsse, wie die Erde; bei den übrigen wissen wir entweder nichts davon, oder soviel, daß sie wesentlich anders sind, ja daß Annäherungen an die Aeußersten vorkommen.

Es ist leicht abzusehen, warum über die Axendrehung der Planeten bis jetzt so wenig bekannt geworden ist. Wir können bloß aus der Bewegung von Flecken, d. h. überhaupt von ungleich leuchtenden Stellen der Oberfläche, darauf schließen; wo solche Flecken selten sind, wie bei Venus, oder sich schwer beobachten lassen, wie bei Merkur, Saturn, da müssen die aus ihrer Beobachtung gezogenen Ergebnisse unsicher sein. Nur sehr wenig hat man vollends über die Beschaffenheit der Oberfläche theils aus diesen Flecken, die fast ebenso viele Räthsel sind, theils aus anderen Umständen der Beleuchtung schließen können, und man muß leider beifügen, daß die Astronomen in ihren Schlüssen schon manchmal zu weit gegangen sind. Daß vor Allem die Planeten sowie ihre Monde dunkle Weltkörper nach Art der Erde und ihres Monds sind, welche uns nur im zurückgeworfenen Sonnenlicht sichtbar sind, haben wir schon an einer anderen Stelle im fünften Abschnitt besprochen, und in der That haben wir bei den meisten ganz bestimmte Anhaltspunkte, ihnen ein wirkliches eigenes Licht abzusprechen. Dadurch bleibt aber nicht ausgeschlossen, an eigene Lichtentwicklungen zu denken, nach Art derjenigen, welche auch die Erde im Polarlicht zeigt. Namentlich zeigt Venus, wenn sie blos in einer Sichel erleuchtet ist, auf dem unbeleuchteten Theil der Scheibe manchmal, aber nicht jedesmal, ein aschgraues Licht, wie der Mond, bei welchem es vom Erdschein herrührt; bei Venus kann es aber von keiner Mondbeleuchtung herrühren, und da es überdieß nicht jedesmal bemerkt wird, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, daß dieser Planet zeitweise eigenes Licht von sich gebe, welches etwa die Stärke des doppelt zurückgeworfenen Sonnenlichts hat. Da nun aber die erleuchtende und erwärmende

Kraft der Sonnenstrahlen mit der zunehmenden Entfernung in quadratischem Verhältniß abnimmt, in demselben Verhältniß, als die Sonne in der größeren Entfernung kleiner gesehen wird, so erscheinen die Planeten in diesem Grundverhältniß sehr ungleich bedacht, und es liegt hierin (nebst der außerordentlichen Stoffverschiedenheit) die bedeutsamste Verschiedenheit der äußeren Planeten von der Erde. Wir können uns nun zwar, namentlich hinsichtlich ter Wärme, wohl Ersatze denken, beträchtliche eigene Wärme oder sehr geringes Fassungsvermögen ihres Stoffs für die Wärme (so zu sagen leichte Heizbarkeit), insbesondere dichtere Atmosphären, da sich ohnedieß bei größeren Körpern entsprechende größere Gashüllen erwarten lassen. Aber auch auf der anderen Seite gibt die 4½- bis gegen 11mal, im Mittel gegen 7mal größere Kraft der Sonnenstrahlen auf dem Merkur allerhand zu bedenken und könnte zu entgegengesetzten Auskünften auffordern. Allein wir können durchaus nichts sicheres über alle diese Dinge behaupten und müssen zufrieden sein, daß wir überhaupt das Vorhandensein von Planetenatmosphären behaupten können.

In der That scheint diese Grundbedingung des Erdenhaften bei den meisten Planeten vorhanden zu sein, und es sollte uns überdieß nicht Wunder nehmen, wenn die Größe der Gashüllen einigermaßen im Verhältniß der Körpermassen selbst stünde. Wenn man z. B. Venus halb erleuchtet sieht und keine scharfe Gränze zwischen der Tagseite und der Nachtseite gewahr wird, so deutet dieß auf atmosphärische Lichtergänge, wie unsere Dämmerungen. Gleicherweise wenn man veränderliche und zeitweise Flecken wahrnimmt, wie z. B. vornehmlich bei Mars, aber auch bei Jupiter, so liegt der Schluß auf Wolkenmassen nahe. Besonders merkwürdig sind ferner die Polarflecken des Mars; dieser Planet zeigt nämlich an seinen Polen helle Flecken, welche größer sind und heller glänzen, wenn sie aus der Polarnacht hervortreten, dagegen abnehmen und unscheinbar werden, je länger sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. Da die Veränderungen dieser Polarflecken den Marsjahreszeiten so aufallend entsprechen und überdieß durch ihre Farbe an unsere

Schneefelder erinnern, so haben wir wohl an nichts anderes dabei zu denken und sehen hierin die bedeutendste Aehnlichkeit mit irdischen Gegenständen, die ein anderer Planet uns darbietet. Ganz anders verhält es sich mit den nicht minder merkwürdigen Aequatorialstreifen des Jupiters, graue Streifen auf dem hellgelben Grund der Jupitersscheibe, welche seinem Aequator parallel laufen. Es sind vor allem zwei Hauptstreifen, welche den Jupitersäquator auf beiden Seiten begleiten, nicht überall gleich breit und gleich scharf begränzt, auch sich keineswegs gleichbleibend. Man sieht zuweilen noch mehrere den Jupiterspolen zu, welche aber stets weit schmaler und matter sind, und das diese Planetenscheibe auszeichnende Hellgelb geht endlich an den Polen in ein mattes Bleigrau über. Bedenkt man nun, welch mächtige Gebilde diese Gürtel sein müssen, da ganz Europa in der Jupitersentfernung für das kräftigste Fernrohr ein Punkt ist, so müssen wir gestehen, daß jeder irdische Anhaltspunkt fehlt, um „diesen Jupitersstreifen eine Bedeutung abzugewinnen". Da übrigens auch Saturn ähnliche, obwohl schwer zu erkennende Streifen zeigt, so möchte man, wenigstens unbestimmter Weise, an gewaltige atmosphärische Hergänge denken, welche mit der raschen Axendrehung in Verbindung stehen.

So sehr wir nun berechtigt sind dem Satz, daß die Erde ein Planet ist, den anderen beizugeben, daß die Planeten Erden sind, eben so sehr mag dagegen aus dem, was über die einzelnen Planeten hiemit erörtert worden ist, hervorgehen, mit welchem Spielraum diese Aehnlichkeit oder Gleichartigkeit der Natur aufzufassen ist, welch große Verschiedenheiten nach allen Hinsichten darin mitbegriffen sind. So angenehm wir auf der einen Seite durch wirkliche Aehnlichkeiten mit der Erde berührt werden, so willkommen müssen uns auch die noch auffallenderen Verschiedenheiten sein, die Mannigfaltigkeit, welche die Natur auch unter im Ganzen gleichartigen Körpern entwickelt und dadurch jeden zu einem wahrhaftigen Einzelwesen stempelt. Die erdähnlichsten Körper sind offenbar Venus und Mars. Bei jener nämlich ist es die Gleichheit an Größe, Masse, Dichte, Oberflächenschwere; vielleicht darf man noch bei-

fügen das Vorhandensein von Gebirgen, denn man will neben der erleuchteten Venussichel helle Punkte im dunkeln Theil gesehen haben, welche nichts anderes sein können als Berge. Wenn man aber ihre Höhe zu 5 bis 6 Meilen schätzen zu können glaubt und an der wundervollen Aussicht von solcher Höhe sich zu ergötzen herbeiließ, so wollen wir uns zurückziehen und erst den irdischen Dawalaghiri zu ersteigen suchen! Bei Mars dagegen ist es, trotz der 8mal kleineren Masse und halb so großen Oberflächenschwere, die erwiesene nahe Uebereinstimmung des Tag- und Nachtwechsels, so wie die Aehnlichkeit des Jahreszeitenwechsels, das Vorhandensein von Luft und Wolken, Wasser und Schnee. Die Sonnenstrahlen endlich sind zwar kräftiger auf Venus, minder kräftig auf dem Mars, dergestalt daß dieser die Sonne weniger als halb so groß, jene mehr als doppelt so groß sieht; allein was ist das schon gegen Jupiter, dem sie 25mal kleiner erscheint und eben so vielmal schwächer ist, oder auch gegen Merkur, der eine 7mal größere Sonne hat als wir.

Wir enthalten uns, weiter auf die Einzelbeschreibung der Planeten einzugehen und etwa die Himmelsaussicht und den Kalender jedes einzelnen zu entwerfen. Wir haben noch einiges von den Trabanten zu sagen, wobei wir uns aber kurz fassen können, da unser Mond im nächsten Abschnitt ausführlicher betrachtet werden soll. Ihre Anzahl beläuft sich auf 20, wenn man die vier noch nicht gewissen Uranusmonde und die zwei noch so neuen Neptunmonde mitzählt. Die Monde sind keineswegs, wie wir bereits aus Anlaß der Kleinplaneten gesehen haben, gegenüber den Planeten die kleineren Körper; der dritte Jupitersmond ist nicht viel kleiner als Merkur, und der sechste Saturnsmond soll selbst größer sein, fast dem Mars vergleichbar. Freilich gehört diese Angabe zu den minder sicheren, und nur die Jupitersmonde sind uns nach Rauminhalt, ja selbst nach Masse und Dichte näher bekannt. Von diesen ist nur einer, der zweite, etwas kleiner als unser Mond, dabei dichter als Jupiter selbst und als alle übrigen Monde desselben. Jeder Trabant aber wird von seinem Hauptplaneten in sehr großem Ver-

hältniß nach Größe und Masse übertroffen, und das kleinste unter den hier vorkommenden Verhältnissen ist das schon im vierten Abschnitt erwähnte Verhältniß der Erde zu ihrem Mond, wornach derselbe von ihr in Masse 88mal übertroffen wird. Nach Gestalt und Lage der Bahnen, so wie nach den Entfernungsverhältnissen vom Hauptplaneten sind die Mondenwelten im Allgemeinen Abbilder des Sonnensystems, vor allem bilden die Regionen der einzelnen Monde, wo deren mehrere vorhanden sind, gesonderte Provinzen, wie die Planetenregionen; doch sind auch eigenthümliche Verschiedenheiten dieser Sondersysteme hervorzuheben, wir behalten aber die Vergleichung derselben mit dem Hauptsystem einer späteren Stelle vor.

Wenn wir alle Naturverhältnisse, welche wir an unserem Mond kennen, auf die anderen Monde in jenen äußeren Gebieten übertragen dürften, so müßte das allgemeine Urtheil über die Mondsnatur dahin lauten, daß auch sie die Bedingungen der Lebensentwicklung, welche wir an der Erde kennen, nicht, wenn auch nicht in dem Grade darbieten, als die Sonnen und die Kometen, Bedingungen, welche dagegen allem nach bei unseren Mitplaneten (mit Ausnahme etwa der kleinen) erfüllt zu sein scheinen. Indeß können wir blos von Einer Eigenschaft mit einiger Wahrscheinlichkeit behaupten, daß sie eine allgemeine Eigenschaft der Monde sein dürfte, der Umstand nämlich, daß die Zeiten der Axendrehung und die des Umlaufs um den Planeten einander gleich sind. Dieß scheint nämlich nach den Forschungen von Herschel und Mädler auch bei sämmtlichen Jupiterstrabanten der Fall zu sein, sowie nach Bessel beim äußersten Saturnsmond so gut als gewiß. Da nun überdieß theoretische Gründe dafür sprechen, die man zur Erklärung dieser Erscheinung beim Mond ermittelt hat, so ist man geneigt, den erwähnten Umstand für eine bezeichnende Eigenschaft der Mondsnatur überhaupt zu halten. Wir werden übrigens auf Gründe und Folgen dieses Umstands erst im nächsten Abstand weiter eingehen. Indessen ist nicht die Umlaufszeit um den Hauptplaneten, sondern die mit diesem um die Sonne

die Hauptperiode oder das mit dem Planeten gemeinschaftliche Jahr des Trabanten.

Die Sondersysteme unseres Sonnensystems bieten aber noch eine ebenso merkwürdige Eigenthümlichkeit dar, wie es im Hauptsystem das Vorhandenseyn einer zahlreichen Planetengruppe in einer und derselben Region ist. Es ist der Ring oder das Ringsystem des Saturns, welches übrigens nach den neuesten Berichten nicht mehr einzig im Sonnensystem sein, vielmehr am Neptun wiederkehren soll. Saturn ist von mehreren concentrischen sehr breiten und dabei sehr dünnen Ringen umgeben, frei in der Ebene des Saturnäquators schwebend, welche Ebene gegen die der Saturnbahn und Erdbahn eine beträchtliche Neigung hat (27 bis 30 Grad). Die Mehrheit der Ringe war vor Herschel unbekannt, sowie der Ring erst um die Mitte des 17. Jahrhunderts von Huygens erkannt worden war; Herschel hat auch, übrigens sehr geringe Abweichungen wahrgenommen, vermöge deren die verschiedenen, ungleich breiten und durch leere Zwischenräume getrennten Ringe nicht genau in Einer Ebene liegen, sondern von einander und vom Saturnäquator etwas wegneigen, auch nicht mit der Saturnkugel genau concentrisch sind; ja selbst bergartige Erhöhungen oder Vorsprünge will Herschel an den Ringen bemerkt haben. Die beiden ersten Angaben sind in der That durch anderweitige Beobachtungen bestätigt und überdieß durch die mechanische Theorie, der Laplace die Erscheinung unterwarf, und aus welcher auch folgt, daß die Ringe im Umschwung um Saturn begriffen sein müssen, indem sie ohne einen solchen und ohne Ungleichheiten der erwähnten Art nicht im Gleichgewicht sich erhalten könnten, denn was sie freischwebend erhält, ist nichts anderes als die Schwungkraft. Wie groß dieselbe sein muß mag man daraus ermessen, daß die Dauer des Ringumschwungs mit derjenigen des Planeten selbst zusammenfällt und 10½ Stunden dauert. Der äußerste Durchmesser des Ringsystems beträgt aber 37600 Meilen oder 44 Erdhalbmesser, die Umlaufsgeschwindigkeit der äußersten Punkte ist also etwa 45mal größer als die eines Punkts im Erdgleicher. Der innerste Durchmesser

beträgt 25500 Meilen (also nur ungefähr 5500 Meilen mehr als Jupiters größter Durchmesser), die Breite sämmtlicher Ringe mit allen Zwischenräumen aber 6000, der Abstand vom Saturn 4600 Meilen; der Aequatorialdurchmesser des Planeten selbst aber mißt über 16300 (der Polardurchmesser fast 14700) Meilen. Daß der Ring uns stark elliptisch erscheint, rührt davon her, daß er einen Winkel von nicht mehr als 30 Grad mit der Ebene der Erdbahn macht; wäre der Winkel 90 Grad, so würden wir ihn zu Zeiten kreisförmig sehen, wäre er null, so würde er sich uns geradlinig entwerfen, was unter den wirklich stattfindenden Umständen nur zeitweise erfolgen kann. Er ist dann nur noch im stärksten Fernrohr sichtbar und ebenso verschwindet er, wenn es sich trifft, daß die Sonne nur die schmale äußere Kante des Rings (nicht aber seine breite Fläche) bescheint, und eben hieraus folgt auch die geringe Dicke, die wir dem Ring zuschreiben und vermöge der Schwungkraft begreiflich finden. Daß der Ring aus dunkelm, undurchsichtigem, festem (oder flüssigem?) Stoff besteht, folgt aus eben denselben Erscheinungen und den Schatten, welche er auf Saturn wirft; aus den Störungen aber, welche er auf den sechsten Mond ausübt, hat Bessel eine Masse des Rings gefolgert, die dem 118. Theil der Saturnsmasse gleich, also nicht viel geringer als die Erdmasse ist.

Von allen bisher betrachteten Körpern des Sonnensystems unterscheiden sich die Kometen gänzlich durch die Eigenthümlichkeit des Stoffs, aus dem sie sammt ihren oft so großen Schweifentwicklungen bestehen müssen; von Planeten und Monden aber auch durch ihre nicht an bestimmte Regionen gebundenen Bahnen, welche übrigens nach den durch die Gravitationslehre berichtigten Keplerschen Gesetzen vor sich gehen, wovon bereits im dritten Abschnitt eine Vorstellung gegeben worden ist. Ihre Erscheinung gränzt auf der einen Seite ans Meteorartige, sie sind die großen, mehr oder minder regelmäßigen Meteore des Sonnensystems; auf der anderen aber nähern sie sich auch, wenigstens in einigen Exemplaren (deren Anzahl sich aber ohne Zweifel vermehren wird), eingebürgerten Weltkörpern. Es giebt nämlich einige wenige, welche regelmäßig wie-

dergekehrt und wiederholt beobachtet worden sind, welche also die Sonne in langgestreckten Ellipsen umkreisen und dabei verschiedene Planetenregionen durchkreuzen. Aber nur drei sind bis jetzt wirklich auf mehreren Umläufen beobachtet worden; einer, der Halley's Namen trägt, von langer Umlaufszeit, die mit 75 bis 77 Jahren der des Uranus (84 Jahre) am nächsten kommt, und zwei andere, nach Encke und Biela benannt, von viel kürzerer Umlaufszeit, jener mit 3½, dieser mit 6¾ Jahren, am meisten den Perioden der Kleinplaneten verwandt (denn Mars braucht 1 Monat weniger als 2 Jahre, Jupiter 12 Jahre). Dabei kommt der Halleysche Komet in der Sonnennähe bis diesseits der Venusbahn, während er in der Sonnenferne etwa in die Neptunregion gelangt; seine Umlaufszeit bleibt sich nicht gleich, wie die der Planeten, sondern hat, eben in Folge der Störungen, die er von den letzteren erleidet, einen Spielraum von etwa zwei Jahren, d. h. um so viel kann er verzögert oder beschleunigt werden, wenn er nahe an den großen jenseitigen Planeten vorbeikommt. Der Enckesche Komet kommt der Sonne näher als Merkur, und gelangt weit über die Bahnen der Kleinplaneten hinaus; der Bielasche hat seine Sonnenferne jenseits der Jupitersbahn, seine Sonnennähe zwischen Erd- und Venusbahn, ziemlich nahe der ersteren, so daß Erde und er auf eine Mondweite sich nahe kommen können.

Außer diesen entschiedenen periodischen Kometen, mit denen man jetzt 19 Bahnen um die Sonne zuverläßig kennt, hat bis jetzt noch eine ziemliche Anzahl eine mehr oder minder genaue Bahnberechnung gestattet, so daß die Anzahl der berechneten Kometen auf etwa anderthalb Hundert sich beläuft. Astronomisch beobachtet sind aber mehrere Hunderte, die meisten darunter blos telescopisch; denn seit man den Himmel mit den Kometensuchern durchmustert, vergeht durchschnittlich kein Jahr, wo nicht ein oder zwei Kometen wahrgenommen werden. Wie viele mögen aber gleichwohl der Wahrnehmung entgangen sein, zumal in früheren Zeiten! Man schätzt daher die Anzahl der Kometen, welche in unsere Gegenden kommen und so der Wahrnehmung überhaupt noch zugänglich werden können, wohl

auf mehrere Tausende, und man wird wenigstens in die Zehntausende gehen dürfen, wenn man auf diejenigen Rücksicht nimmt, welche uns unsichtbar bleiben müssen, indem sie nicht über die Region der Kleinplaneten herabgekommen sind; denn es ist kein Grund vorhanden zu der Annahme, daß nicht auch die entfernteren Regionen die Sonnennähen vieler Kometen enthalten, oder daß die Mehrzahl bis in die inneren Regionen gelangen sollte; auch dürfen wir ohne Zweifel die Gränzen des Sonnensystems noch weit über Neptun hinausrücken.

Nach den Erörterungen über die Centralbewegung im dritten Abschnitt ist die theoretische Möglichkeit gegeben, daß es auch nicht wiederkehrende Kometen gebe, welche in hyperbolischer Bahn sozusagen ein einzigesmal um die Sonne schwingen würden. Man hat auch gefragt, was aus solchen Körpern, die sich immer weiter und weiter von der Sonne entfernen würden, zuletzt werden möchte, und vermuthet, daß sie etwa von einem Sonnensystem ins andere wandern könnten, indem sie, in den Anziehungsbereich einer Nachbarsonne gekommen, zu dieser sich sofort herabstürzen möchten, wie zuvor in die Nähe der unseren. Lassen wir diese Ueberläufer in der Idee, denn die bis jetzt ausgeführten Bahnberechnungen haben mit Sicherheit keine hyperbolische Kometenbahn geliefert, wohl aber eine beträchtliche Anzahl langgestreckter elliptischer Bahnen mit der größten Entschiedenheit; überdieß hat bei einigen die Vergleichung mit früheren Kometenerscheinungen Einerleiheit wahrscheinlich gemacht, so bei dem großen Kometen von 1843, der hiernach eine Umlaufszeit von 175 Jahren hätte und einer von denen ist, welche der Sonne außerordentlich nahe gekommen sind. Bei mehreren laufen die Umlaufszeiten in die Jahrtausende, namentlich bei einigen der durch Glanz und Größe berühmtesten Kometen, wie die von 1680 und 1811. Bei einem, der wohl nächst den drei wirklich wiederholt gesehenen Kometen der wahrscheinlichste periodische Komet ist und den Namen von Olbers trägt, welcher ihn 1815 entdeckte und berechnete, ist die Umlaufszeit von 72 Jahren (ähnlich der Halleyschen) so verbürgt, daß er im Jahr 1887 schwerlich vergebens auf sich warten lassen wird,

um in das Register der wirklich geschlossenen Bahnen eingetragen zu werden. Aber auch noch einer von kurzer Umlaufszeit (7¾ Jahr) ist neuerlich von Faye zu Paris entdeckt (1843) und berechnet worden, dessen Bahn weniger elliptisch als alle anderen und zwischen Mars und Saturn enthalten wäre, was sich 1851 entscheiden wird.

Für den Elfer-Kometen hat man eine Umlaufzeit von mehr als 3060 Jahren herausgebracht, welche aber durch die Störungen um 177 Jahre verkürzt werden würde, nämlich für die nächste Wiederkehr, die somit ins Jahr 4700 fiele (wobei 50 Jahre mehr oder weniger in Anschlag zu bringen sind). In seiner Sonnennähe stand er der Erdbahn nahe, etwas jenseits derselben; in seiner Sonnenferne ist er 420 Sonnenweiten entfernt, 14mal weiter als Neptun. Die ungeheure Ausdehnung dieser Bahn wird aber noch übertroffen von dem Kometen von 1680, dem merkwürdigsten unter allen (außer den drei periodischen). Dieser ist damals der Sonne weit näher gekommen als Merkur, ja so nahe, daß keine Planetenentfernung mit diesem Abstand in Vergleich kommen kann, denn er betrug nur 128000 Meilen, d. h. vom Sonnenmittelpunkt, also 32000 Meilen von ihrer Oberfläche, und der Komet legte 53 Meilen in der Sekunde zurück. Derselbe Komet entfernt sich aber von der Sonne auf 850 Sonnenweiten, oder 28mal weiter als Neptun, in welchem Abstand er etwa 10 Fuß in einer Sekunde zurücklegt, und braucht zu seinem Umlauf 8½ Jahrtausende. In der Hälfte dieses Zeitraums würde also dieser Komet das Sonnensystem von den Räumen der Sonnenatmosphäre an bis in die (ohne Zweifel) äußersten Regionen desselben ermessen, sämmtliche Planetenbahnen der Reihe nach kreuzend.

Die Kometenbahnen unterscheiden sich nicht blos durch die maßlosen Excentricitäten von den Planetenbahnen, sondern auch durch ihre Lage. Während nämlich, wie wir in diesem und schon im dritten Abschnitt bemerkt haben, die sämmtlichen Planetenbahnen in die Thierkreiszone eingeschlossen sind, die sich etliche und 30 Grad nach beiden Seiten der Ekliptik erstreckt, zeigen die Kometenbahnen alle möglichen Neigungen zur

Erdbahn, namentlich viele auch sehr beträchtliche bis zu 90 Grad, und bewegen sich überdieß häufig in dem der Planetenbewegung entgegengesetzten Sinne Ost-West, oder wie man zu sagen pflegt, rückläufig (so der von 1811 mit eine Neigung von 73 Grad gegen die Erdbahn). Dieser Umstand ist auch in der Hinsicht bemerkenswerth, daß dadurch die Gefahr des Zusammentreffens mit der Erde oder einem anderen der größeren Planeten (deren Bahnen sich ja überhaupt sehr wenig von der Erdbahn wegneigen) bedeutend verringert wird, eine Gefahr, deren Vorhandensein man sich nicht verbergen darf. Nur ein wirklicher Zusammenstoß mit einem Kometen scheint wirklich gefährlich zu sein, indem er, wo nicht Zertrümmerung, doch Verrückung der Axe, Ueberfluthen der Meere, Begrabung alles dessen, was an der Stoßfläche sich befindet, zur Folge haben müßte. Bedeutendes Nahekommen geht spurlos an der Wucht einer Planeten- oder Mondmasse vorüber, hat aber um so bedeutendere Folgen für den haltlosen Körper des Kometen.

Wir haben hiefür ein höchst merkwürdiges Beispiel an dem in vielen Beziehungen lehrreichen Kometen von 1770, welcher zuerst der Erde auf 360000 Meilen nahe gekommen und später durch das Jupitersystem hindurchgegangen war, ohne merkliche Störungen auszuüben. Um so bedeutender war der Einfluß des Planetenriesen auf ihn, und es geht daraus hervor, wie eine bedeutende, wenn auch vorübergehende Annäherung eines Kometen an einen großen Planeten die Bahn des ersteren gänzlich umgestalten kann. Nach den Beobachtungen von 1770 zeigte er sich als ein Komet von elliptischer Bahn mit kurzer Umlaufszeit, so daß er 1776 und 1781 wiederkehren sollte, denn seine mittlere Entfernung war kleiner als die der Kleinplaneten (wenig über drei Sonnenweiten), und die Umlaufszeit betrug etwas über 5½ Jahre. Allein den Kometen hat man nicht wieder gesehen. Die Analysis hat aber gleichwohl die Spuren seines Irrgangs verfolgt und nachgewiesen, daß er in der That im Jahr 1776 zur Sonne zurückgekehrt, aber wegen des ganz entgegengesetzten Standes der Erde unsichtbar geblieben war, indem er für die Erde, bei einer Entfernung von zwei Sonnenweiten, im Zusam-

menschein mit der Sonne stand. Die Rechnung hat aber ferner gezeigt, daß er im Jahr 1779 dem Jupiter näher kam als dessen vierter Trabant, wobei er von diesem Planeten 24mal stärker als von der Sonne angezogen wurde, dergestalt daß er eine völlige Bahnveränderung erlitt, vermöge welcher er sofort (d. h. bis auf eine weitere solche Störung) seine Sonnennähe in der Ceresregion hat und deßhalb von der Erde aus nicht mehr gesehen werden konnte. Die Geschichte dieses Kometen ist somit in der gedoppelten Beziehung merkwürdig, einmal, weil sie zeigt, in welchem Grad die Bahnelemente der Kometen durch die Planeten-Störungen verändert werden können, alsdann, weil sie eine schlagende Thatsache für die Masselosigkeit dieser Weltkörper ist. Dieß führt uns nunmehr auf die Betrachtung ihres physischen Wesens.

Da die Kometen, wie aus diesen und anderen Beispielen hervorgeht, gegenüber den Planeten verschwindend kleine Massen, und doch (auch noch abgesehen von der Schweifentwicklung) eine beträchtliche Größe haben, so muß ihre Dichte äußerst gering sein, dergestalt daß man zunächst nur an Dunst- oder Nebelmassen denken kann, eine Vorstellung, welche sich uns aber noch etwas berichtigen wird. Dieß hat auch auf die Vermuthung geführt, daß der Widerstand des Weltäthers, welcher bei den derben Planetenmassen als völlig unmerklich sich erwiesen hat, bei den losen und dabei umfangreichen Nebelmassen der Kometen merklich werden könnte. Und in der That will man diese Wirkung bereits bei dem so häufig wiederkehrenden Encke'schen Kometen wahrgenommen haben, wie schon im fünften Abschnitt erwähnt wurde. Was für eine Folge aber der Aetherwiderstand auf die Umlaufsbewegung eines Weltkörpers haben muß, wird nach der im dritten Abschnitt erörterten Theorie der Centralbewegung keine Schwierigkeit haben. Der Widerstand vermindert zunächst die Geschwindigkeit, der Komet wird sich mithin nicht so weit von der Sonne entfernen, als ohne den Widerstand erfolgt wäre; hievon aber ist die Folge, daß die große Axe der Bahn und mithin auch die Umlaufszeit kleiner wird; der Widerstand wirkt also hier zuletzt beschleunigend (d. h. Umlauf ab-

kürzend). Dieß ist am Encke'schen Kometen wahrgenommen worden, und er müßte so der Sonne, wenn auch sehr langsam, spiralförmig sich nähern und zuletzt in sie stürzen. Diese Erklärung hat man jetzt ziemlich allgemein angenommen; indeß ist auch ein anderer Erklärungsversuch der Thatsache aufgestellt worden, indem man darauf aufmerksam machte, daß die Ausströmungen, welche von dem Kometenkörper ausgehen und wovon sogleich mehr die Rede sein wird, einen rückwirkenden Druck auf den Körper ausüben, der (in dem so eben entwickelten Sinn) verzögernd oder beschleunigend wirken würde, je nachdem er im Sinn der Bewegung des Kometen oder im entgegengesetzten erfolgte. Zur Entscheidung fehlt es noch an zahlreicheren Thatsachen; am Biela'schen Kometen hat man, wie es scheint, bis jetzt nichts Aehnliches wahrgenommen; der Halley'sche endlich ist bei seiner letzten Wiederkehr im Jahr 1835 zwar 4 Tage zu spät in der Sonnennähe eingetroffen, allein die Rechnung hatte auch sonstige störende Einflüsse, z. B. den von Neptun, noch nicht berücksichtigen können.

Der schwierigste Punkt der Kometenfrage betrifft aber das Wesen des Kometenstoffs und die Ausströmungen, zumal die Schweifentwicklung. Hergebrachter Weise unterscheidet man Kopf (Kern) und Schweif der Kometen, und unter den Kometen selbst unterscheidet man schweiflose, bei denen eine bloße Nebelhülle vorhanden ist, und geschweifte, wo von der Hülle aus ein Lichtschweif mehr oder minder weit sich erstreckt. Neuerdings ist man aber zu der Einsicht gelangt, daß alle diese Unterscheidungen nur beziehungsweisen Werth haben. Von einem eigentlichen planetenartigen Kern, welcher einen festen undurchsichtigen Körper vorstellen könnte, kann keine Rede sein; es ist vielmehr nur eine nebelfleckartige Erscheinung mit bestimmten Umrissen nach Außen und meistens mit beträchtlicher Zunahme des Glanzes nach Innen (nicht gerade nach der Mitte). Während in größerer Entfernung von der Sonne bloßer Nebel wahrgenommen wird, nimmt die kernartige Verdichtung des Nebels mit der Annäherung zur Sonne zu. Deßgleichen hängt von der Annäherung zur Sonne die der Sonne zugekehrte

fächerartige Ausströmung, sowie die eigentliche von ihr abgekehrte Schweifentwicklung ab. Deßhalb erscheint ein und derselbe Komet der Reihe nach erst als matter Nebelfleck, dann als Nebelstern, dann als Schweifstern, indem er sich der Sonne nähert, und in umgekehrter Folge, wenn er sich wieder entfernt.

Jene mit dem Schweif nicht zu verwechselnde Ausströmung ist besonders von Bessel am Halley'schen Kometen studirt worden. Sie ging, der Sonne fächerartig zugekehrt, vom Kern aus, nicht vom Nebel, war etwa 20mal größer im Durchmesser als der Kern, und die Nebelhülle erstreckte sich weit über die Ausströmung hinaus. Sie blieb sich aber weder an Gestalt noch Größe gleich und machte periodische Bewegungen um die Richtung zur Sonne hin, pendelartige Schwingungen von 31 Stunden Dauer und von 60 Grad Weite. Diese Schwingungen des Kometenkerns, vergleichbar denen einer Magnetnadel, glaubt Bessel durch eine auf die Sonne sich beziehende Polarkraft deuten zu müssen, die sich in dem Maß entwickelt, als der Komet der Sonne sich nähert, deren Wesen uns zwar noch unbekannt ist, die aber die Form mit den irdischen Polarkräften (Electricität, Magnetismus) theilt, welche Form in einem Gegensatz von Anziehung und Abstoßung besteht. Auf eine Polarität führen nach Bessel auch, wie sich sogleich zeigen wird, die Erscheinungen der Schweifentwicklung bei diesem und anderen Kometen, so daß man sie wohl als eine allgemeine Eigenschaft der Kometennatur betrachten darf.

Die Kometenschweife sind Verlängerungen der Nebelhülle nach einer Seite hin, meistens nach der von der Sonne abgewandten, verschieden gestaltet, manchmal doppelt, ja mehrfach, dergestalt daß zwei Zweige entweder einen spitzen Winkel bilden oder auch den Kern in einem Bogen umgeben; höchst selten ist ein stumpfer Winkel zweier Schweifzweige, in welchem Fall einer der Sonne zugekehrt ist, wie bei dem Kometen von 1824. Die Länge der Schweife ist zuweilen sehr groß, bis zu 60 und 90 Grad dem Winkel nach, in Wirklichkeit also viele Millionen von Meilen betragend; auch mag die Erde schon manchmal mitten in solchen Schweifen gestanden habe, was man namentlich bei

den Kometen von 1819 und 1823 vermuthete. Man kann nicht wohl umhin, an einen inneren Zusammenhang mit der oben erwähnten, der Sonne zugekehrten Ausströmung zu denken, ja es scheint Licht über die räthselhaft mannigfaltigen Erscheinungen der Schweife sich zu verbreiten, wenn man noch den folgenden Hergang erwägt, den Bessel im Jahr 1835 an dem Halley'schen Kometen beobachtet hat. Die gedachte Ausströmung verbreitete sich nämlich zuletzt über einen immer größeren Theil der Kernfläche, und die Fächergestalt ging sofort in die eines zu beiden Seiten des Kerns herabwallenden Federbusches über (abwärts von der Sonne). Dieselbe merkwürdige Erscheinung war an dem Kometen von 1744 beobachtet und durch Zeichnungen überliefert worden, wo die sich von der Sonne in der beschriebenen Weise wegkrümmende Ausströmung zuletzt zwei Schenkel eines Schweifs bildete, welche in den schon vorhandenen Schweif übergingen und sich mit diesem abwärts von der Sonne erstreckten. In der That läßt sich nach diesen Wahrnehmungen nunmehr absehen, daß die mannigfaltigen Schweifgestaltungen aus Einem Prinzip hervorgehen, aus einer auf die Sonne sich beziehenden Polarkraft, welche ohne Zweifel einerlei mit derjenigen ist, welche die Schwingungen des Kerns hervorbringt, einer Polarkraft, wornach die den Kometen verlassenden Theilchen nach entgegengesetzten Richtungen von dem Kometenkern sich entfernen. In wiefern namentlich die Schweifgestalt des Elfer-Kometen nur so zu sagen als eine besondere Schattirung des oben geschilderten Hergangs zu betrachten ist, liegt ziemlich nahe; hier war nämlich der Schweif vom Kern ganz getrennt, indem dieser im Innern eines krummlinigen Streifens stand, welcher in zwei von der Sonne wegwärts gerichteten Schenkeln sich verlief. Deßgleichen begreift es sich, wie zwei solche einander umschließende Bögen sich bilden können, ja es erklärt sich selbst wie zwei nach entgegengesetzten Richtungen sich erstreckende Schweife entstehen mögen. Wir werden dieß nach Bessel sogleich durch nähere Ausführung des allgemeinen Prinzips andeuten, welches aus den erwähnten Hergängen sich abziehen läßt, nachdem wir noch den Kometenstoff selbst betrachtet haben.

So wenig freilich das Wesen dieser Polarkraft, so wenig ist die Natur des Kometenstoffs bekannt und durch keine Aehnlichkeit mit irdischen Erscheinungen zu beleuchten. Denn die Kometen, und zwar nicht nur die Nebelhüllen und Schweife, sondern auch die Kerne selbst sind durchscheinend und brechen das Licht nicht. Dieß hat sich mit Entschiedenheit an Fixsternen gezeigt, welche durch Kometen bedeckt wurden; sie blieben sichtbar, mehr oder minder geschwächt, aber nicht abgelenkt (durch Brechung). Was muß also das für ein Stoff sein, dem weder die Eigenschaften des Festen noch des Gasigen zukommen? Wenn ferner auch nicht alles eigene Licht den Kometen abzusprechen ist — Bessel schließt dieß aus einer plötzlichen Lichtabnahme, welche bei dem Halley'schen Kometen auf die fortwährende Zunahme bei seiner Annäherung zur Sonne gefolgt war — so ist es doch über allen Zweifel gewiß, daß sie der Hauptsache nach mit zurückgeworfenem Sonnenlicht und nicht mit eigenem Licht leuchten. Denn hiefür spricht nicht nur die Zunahme der Helligkeit mit der Annäherung zur Sonne, die auch stattfindet, ohne daß der Komet zugleich der Erde sich nähert, sondern auch der Umstand, daß das Kometenlicht polarisirtes Licht enthält, wobei man sich an die Erörterungen im fünften Abschnitt erinnern muß. So führen also die Kometen auf einen Zustand der Materie, von dem wir nichts Aehnliches auf der Erde kennen, sowie auf das Vorhandensein von anderen Weltkräften, welche der Massenanziehung zur Seite stehen. Ueberraschen darf indeß die Wahrnehmung von Polarität an fremden Weltkörpern nicht, wie Bessel bemerkt, da auch der Erdkörper eine solche besitzt, nämlich die magnetische, von welcher man jedoch bis jetzt nicht mit Sicherheit weiß, daß sie eine Beziehung zur Sonne hätte (man vergleiche den neunten Abschnitt).

Sind nun die bezeichnenden Merkmale des Kometenstoffs sehr geringe Dichte, Mangel an Strahlenbrechung, erstaunliche Flüchtigkeit, vermöge der sie ungeheure Räume mit verflüchtigter Materie füllen, äußerst lockere Verbindung ihrer Bestandtheile, die sich besonders in der schwingenden Bewegung zeigt: so kann man sich kaum etwas anderes unter

ihnen vorstellen, als Ansammlungen sehr lockerer Stoff-theilchen, welchen nur wenig an der zur Verflüchtigung erforderlichen Wärme fehlt. Daher nimmt diese in so hohem Maße mit der Annäherung zur Sonne zu. So lange aber die Entfernung so beträchtlich ist, daß die Sonne auf die verschiedenen Theile des Kometenkörpers noch nicht verschieden einzuwirken vermag, sind dieselben durchaus in gleichmäßiger Verflüchtigung begriffen und erscheinen daher mit rundlichen Nebelhüllen. Erst bei größerer Annäherung wirkt die Sonne verschieden auf die verschiedenen Theile, und es offenbart sich nun die Wirkung der Polarkraft in den Ausströmungen nach bestimmten Richtungen. Von den bereits flüchtig gewordenen Theilchen müßte man zu weiterer Deutung der Erscheinungen annehmen, daß sie der Sonne feindlich polarisirt sind, während der Kern selbst entweder an sich schon der Sonne freundlich polarisirt ist, oder es auch erst bei gehöriger Annäherung wird. Jedenfalls kann sich die Folge davon in den Ausströmungsprocessen erst dann zeigen, wenn der Komet der Sonne so nahe ist, daß der Unterschied ihrer Wirkung auf die verschiedenen Theile seines Körpers merklich wird. Ist aber der Nebel feindlich zur Sonne, so wird er bei größerer Annäherung zu einem Schweif sich verlängern; ist der Kern sonnenfreundlich, so muß die andere Ausströmung zunächst der Sonne sich zukehren; sie geht aber in einem Raum vor sich, der mehr oder weniger feindlich polarisirten Stoff enthält, wo die ausströmenden Theilchen allmälig neutralisirt werden, daher sie in dem Maß, als sie sich weiter vom Kern entfernen, sonnenfeindlich werden und sich nach der entgegengesetzten Seite kehren müssen. Würde dagegen einmal noch kein hinreichender sonnenfeindlicher Nebel vorhanden sein, so könnte die sonnenfreundliche Ausströmung auch zu einem förmlichen der Sonne zugekehrten Schweif sich gestalten, wie in der in ihrer Art einzigen Erscheinung des Kometen von 1824. Hiemit mag jenes allgemeine Prinzip erhellen, welches Bessel aufgestellt hat.

Wir haben nun die Weltkörpernaturen und die merkwürdigsten Erscheinungen, welche das Sonnensystem darbietet, ein-

zeln kennen gelernt; es erübrigen aber noch gewichtige Betrachtungen über das Ganze. Wir haben so eben die Unmacht der regellos vertheilten Körper unseres Sonnensystems kennen gelernt, vermöge der diese Kometen keine Verwirrung in das Ganze bringen können. Wir haben im vierten Abschnitt den Einfluß der Planetenstörungen auf die Erde kennen gelernt, wornach diese Nebeneinflüsse den Haupteinfluß der Sonne nicht bedeutend verändern können. Dasselbe dürfen wir auch von den übrigen Planeten behaupten, dergestalt daß ein jeder in seiner Bahn um die Sonne erhalten wird, nicht ungestört zwar, aber ohne daß dadurch eine gänzliche Umgestaltung bewirkt werden könnte, sondern nur ein langsames Herumschwanken um einen mittleren Zustand, wie wir dieß bei der Erde nach allen wesentlichen Elementen gefunden haben. Das Sonnensystem ist also auf die Dauer angelegt, so daß sein Zustand im Wesentlichen sich für alle Zeiten gleich bleibt und in einer Art von beweglichem Gleichgewicht begriffen ist. Den Grund seiner Erhaltung trägt es in sich selbst, in seinem Bau, und er beruht kurzweg auf der Alleinherrschaft der Sonne, diese aber beruht ebenso sehr auf der Ueberwucht der Sonnenmasse, vermöge der sie alle Körper zusammen etwa achthalbhundertmal, jeden einzelnen zum mindesten über tausendmal überwiegt, als auf der Vertheilung der Hauptmassen, d. h. der Planeten in eine Folge von gehörig gesonderten Regionen. Diese Sonderung ist nämlich so, daß die Anziehung, welche die Sonne auf den entferntesten Planeten ausübt, stets durchschnittlich etwa 250mal, vorübergehend (in den ungünstigsten Umständen) mindestens noch 30mal die Anziehung des nächsten Nachbarplaneten überwiegt. Dieß ist das Gravitationsverhältniß des überwiegenden Centralkörpers, welches im Sonnensystem durchweg herrscht, denn es wiederholt sich in den ihm untergeordneten Sondersystemen oder in den Mondenwelten, während wir in der Sternenwelt andere Gravitationsverhältnisse kennen gelernt haben. Bemerken wir aber sorgfältig, daß jene durchgängige Alleinherrschaft des Centralkörpers nicht nur auf der Ueberwucht seiner Masse beruht, sondern auch auf der Son-

derung der gehorchenden Massen durch gehörige Zwischenräume; denn könnte ein Planet seinem Nachbar so nahe kommen, wie wir es bei Kometen bemerkt haben, so wäre die Oberherrschaft der Sonne wenigstens vorübergehend aufgehoben, und dadurch eine bedeutende Umgestaltung der Bahn möglich gemacht, Wiederholungen dieser Lösung des Bandes aber könnten zuletzt zu völliger Verwirrung des Ganzen führen.

Daß aber ein solcher Fall bei einem Planeten nicht eintreten kann, daß vielmehr im ungünstigsten Fall die Sonne stets noch etwa 30mal stärker bleibt, dieß beruht wieder auf zwei Umständen, auf dem Verhältniß der mittleren Entfernungen oder der Abstände der Planetenregionen und auf der geringen Abweichung der Planetenbahnen vom Kreis. Etwas Gesetzmäßiges läßt sich in den Zwischenräumen der Planetenregionen nicht verkennen, obwohl der bestimmte Ausdruck dieses Gesetzes, den die sogenannte Bode'sche Planetenprogression aufstellt, kaum zu den ausgemachten Dingen zu rechnen ist. Allerdings erhält man die mittleren Entfernungen der Planetenregionen von der Sonne der Reihe nach mit einer Annäherung, die zum Theil sehr groß, aber auch wieder sehr gering ist und zwar in runden Anzahlen von Millionen Meilen, wenn man zu den acht Millionen Meilen, um welche Merkur von der Sonne absteht, der Reihe nach die Glieder der geometrischen Progression, 6, 6 . 2, 6 . 4, 6 . 8, 6 . 16 u. s. w. oder die Zahlen 6, 12, 24, 48, 96 u. s. w. zulegt, wo jedes folgende Glied das Doppelte vom vorhergehenden ist. Jupiter z. B. ist der fünfte Planet von Venus an gezählt, man erhält somit seine ungefähre Entfernung von der Sonne in Millionen Meilen, wenn man zu der Zahl des Merkur (d. h. zu 8) das fünfte Glied jener Reihe (d. h. die Zahl 96) addirt, nämlich 104. Allein so gut diese Zahl zutrifft, sowie auch noch andere, so finden doch auch beträchtliche Abweichungen statt, namentlich aber bei Neptun, denn dieser ist nur 30 bis 33 Sonnenweiten entfernt, während man durch die Reihe auf 37 bis 38 Sonnenweiten gelangt. Ein zweiter Uebelstand bei diesem Gesetz besteht alsdann darin, daß der Reihe, wie man gesagt hat, das erste Glied fehlt, denn

man sieht nicht ein, wie es rückwärts von Merkur fortzusetzen oder wie es anzuwenden wäre, wenn Merkur nicht der sonnennächste Planet wäre. Und drittens sieht man seinen Grund nicht ein, warum nämlich gerade diese Zahlen und nicht andere, während die Bedeutung des unbestimmter gelassenen Gesetzes sehr klar ist, wie sich sogleich zeigen wird. Endlich stimmt zwar die Reihenfolge der Jupitersmonde leidlich mit dem genannten Gesetz überein, allein die der Saturnstrabanten weicht sehr davon ab, woraus hervorgeht, daß es den allgemeinen Typus der Gravitationssysteme mit überwiegendem Centralkörper nicht wohl enthalten kann.

Wir werden daher darauf verzichten, in der Bode'schen Progression den naturgemäßen Ausdruck von der Anlage der Planetenregionen zu finden, wir werden vielmehr behaupten, daß das wirkliche Gesetz seinem Wesen nach keine ganz bestimmten Zahlen liefern darf, weil den Planetenregionen eine gewisse Mächtigkeit, ein Spielraum zukommen muß, indem ja nicht blos die Mondenwelten dazu gehören, sondern auch der Fall vorkommt, daß mehrere Planeten in wenig verschiedenen Entfernungen von einander (als ein besonderes System) einer einzigen solchen Region angehören. Aber eine unbestimmte Gesetzmäßigkeit liegt gewiß zu Grunde und ihre Bedeutung wird uns vollends klar, wenn wir die allgemeine Eigenschaft der Planeten-Ellipsen mit hinzunehmen, die sehr wenig vom Kreis abweichen, wenigstens wenn man von den Kleinplaneten, sowie von Merkur absieht. Indeß übersteigt, auch mit Einschluß der letzteren, keine Excentricität den vierten Theil der mittleren Entfernung oder der Bahnweite, d. h. bei keinem Planeten steht die Sonnennähe oder Sonnenferne von dem Kreis der mittleren Entfernung weiter ab, als um deren vierten Theil. Sonach ist das größte Maß von Excentricität beträchtlich kleiner, beiläufig etwa die Hälfte von dem Zwischenraum zweier Nachbarbahnen, und deßhalb findet bei weitem keine Kreuzung der Bahnen statt, welche sich vielmehr in wohlgetrennte Regionen sondern. Deßhalb ist ferner die nächste Nähe, in welche vorübergehend zwei Nachbarplaneten kommen können, ein so beträcht-

licher Theil ihrer Abstände von der Sonne, daß diese stets die weit überwiegende Anziehung behält. Auch die Bahnen der Monde sind rundliche Ellipsen, ja die Trabanten von Jupiter und Saturn sind auffallend wenig excentrisch, und die Beobachtungen haben bei einigen (beim 1ten und 2ten Jupitersmond sowie beim 2ten Saturnsmond) noch keine merkliche Excentricität ergeben.

Zu dieser bedeutsamen Uebereinstimmung in den Zwischenräumen und Excentricitäten der Planetenbahnen gesellt sich eine zweite in der Richtung der Bewegung und in der geringen Abweichung von der Grundebene des Systems, welche durch den Aequator des Centralkörpers angezeigt ist. Diese Uebereinstimmung besteht darin, daß die Bewegung aller Planeten die gemeinsame Richtung von Westen nach Osten hat (wie man sie ausgehend von der Axendrehung der Erde bezeichnet, und welche auch die der Axendrehung des Centralkörpers ist), und daß sämmtliche Planetenbahnen gegen jene Grundebene, mithin auch unter einander geringe Neigungen haben, vollends wenn man wieder von den Kleinplaneten absieht. Aber auch mit Einschluß derselben übersteigt keine Neigung den dritten Theil eines rechten Winkels, d. h. kein Planet entfernt sich von der Grundebene weiter, als etliche und 30 Grad nach Norden und nach Süden, und alle Planetenbahnen sind auf diese Weise in einer Zone enthalten, der Thierkreiszone, welche den dritten Theil der scheinbaren Himmelskugel umfaßt, (wie wir bereits anderwärts anzuführen Gelegenheit hatten) und vom Sonnenäquator, der Grundebene des Systems, mitten durchzogen wird. Dasselbe gilt von den Umläufen der Monde und von den Axendrehungen der Planeten; nur eine einzige Ausnahme scheint das Uranussystem darzubieten, indem die Bahnen der zwei sicher bekannten Uranusmonde und daher vielleicht auch der Aequator dieses Planeten nahezu rechtwinklig zur Uranusbahn stehen sollen, dergestalt daß ihre Bewegung eher rückläufig als rechtläufig ist. Bei allen anderen, deren Axendrehung überhaupt ausgemacht ist, geht dieselbe in der besagten gemeinsamen Richtung vor sich und unter Winkeln gegen die Bahnebenen, welche 30 Grad nicht überschreiten, und die Mondbahnen im Jupiter- und Saturns-

system, sowie die Ringebene im letzteren sind sehr wenig von den Aequatorebenen dieser Planeten verschieden (etwas mehr bei der Erde, indem die Mondbahn mit dem Erdgleicher einen Winkel von 18 Grad macht).

Endlich gehört es noch zu den bedeutsamen Umständen, daß die Umlaufszeiten der verschiedenen Planeten so wenig einfache Verhältnisse unter einander haben, daß sie vielmehr maßfremde Größen zu sein scheinen, dergestalt daß keine, wenn auch noch so große Anzahl von Umläufen des einen einer vollen Anzahl von Umläufen des anderen genau gleich ist. Dieser Umstand ist bedeutsam, weil im entgegengesetzten Fall, wenn vollends ein einfaches Verhältniß zwischen den Umlaufszeiten zweier Nachbarplaneten Statt fände, diese Planeten stets nach einer bestimmten Zeit wieder in dieselbe Stellung zu einander kämen, woraus störende Wirkungen entsprängen, welche ohne Ende fort in einerlei Sinn wirkten, und wie klein sie an und für sich auch sein möchten, doch im Verlauf der Zeit einen umgestaltenden Einfluß ausübten. In der That beobachtet man auch eigenthümliche Unregelmäßigkeiten da, wo solche einfache Verhältnisse wenigstens annähernd Statt finden. Dahin gehört namentlich die große Ungleichheit von Jupiter und Saturn, deren Umlaufszeiten sich annähernd wie 2 zu 5 verhalten; es findet aber doch wieder in langen Zeiträumen eine Ausgleichung Statt, weil jenes Verhältniß nur annähernd Statt findet. In der That beruht auf dem in Rede stehenden Umstand unter anderem die Unveränderlichkeit der Bahnweiten und der Umlaufszeiten.

Diese Unveränderlichkeit ist aber das eine Hauptmoment in der Beständigkeit der Planetenbahnen; das andere aber besteht darin, daß die Excentricitäten und Bahnneigungen zwar allmälig in Folge der Störungen sich ändern, aber so, daß sie nur innerhalb gewisser Gränzen ab- und zunehmen, wie wir dieß bei der Erde gesehen haben. Daß also diese Hauptelemente der Planetenbahnen unveränderlich sind, oder nur innerhalb enger Gränzen umherschwanken, dieß beruht einerseits darauf, daß die Excentricitäten und Bahn-

neigungen ursprünglich gering waren, andererseits darauf, daß alle Bewegungen in einerlei Sinn vor sich gehen, und daß die Umlaufszeiten nicht in einfachen Verhältnissen zu einander stehen. So erhalten sich die Bahnen in der Anlage, die sie einmal haben, trotz der Störungen für alle Zeiten. Fortlaufende Aenderungen erleiden dagegen nur die übrigen minder wichtigen Elemente der Bahnen; die großen Axen oder Apsidenlinien machen in langen Zeiträumen volle Umläufe in den Bahnebenen, wie wir bei der Erde gesehen haben, desgleichen die Durchschnittslinien der Bahnebenen mit der Grundebene des Systems. Rascher sind diese Aenderungen nur bei den Monden, nämlich unter dem mächtigen störenden Einfluß der Sonne, wovon wir ein Näheres im nächsten Abschnitt beim Mond bemerken werden.

So sind also die Hauptmassen des Sonnensystems auf eine bestimmte Zone des ganzen sphärisch um die Sonne sich ausbreitenden Raumes beschränkt und zugleich dauerhaft in eine Reihenfolge von Regionen gesondert. Die größten Massen sind wiederum diejenigen, die am wenigsten von der Grundebene abweichen und am meisten eine kreisförmige oder ringförmige Region einhalten. Die kleineren Massen weichen in beiden Hinsichten mehr ab, aber nur die masselosen Kometen durchstreifen den sphärischen Raum des Sonnensystems nach allen Richtungen und kreuzen die Regionen der Reihe nach. Jene Anlage wiederholt sich in den Sondersystemen, deren Vergleichung mit dem Hauptsystem ein weiterer Gegenstand unserer Betrachtung sein muß und zu der Frage nach den äußeren Gränzen des Sonnensystems führt. Der Eine Mond der Erde ist von ihr 60 Erdhalbmesser entfernt und vollendet seinen Umlauf um dieselbe in 27⅓ Erdentagen. Das Jupitersystem mißt 27 Jupiterhalbmesser, denn so weit steht der äußerste Mond von seinem Hauptplaneten ab, während der innerste nur 6 Jupitershalbmesser von ihm entfernt ist; die Umlaufszeit des letzteren beträgt 5, die des ersteren 40½ Jupiterstage. Im Saturnssystem steht der nächste Mond 2½, der entfernteste 64⅓ Saturnshalbmesser von dem Hauptplaneten

ab, und ihre Umlaufszeiten betragen beziehungsweise etwas über 2 und etwas über 181 Saturnstage. Im Uranussystem endlich sind die Aeußersten 13 und 91, oder, wenn man blos die sicher bekannten Monde berücksichtigt, 17 und nahezu 23 Uranushalbmesser; von einer Angabe ihrer Umlaufszeiten in Uranustagen kann aber nicht die Rede sein, weil die Axendrehung dieses Planeten unbekannt ist. Der sonnennächste Planet, welcher uns bekannt ist, Merkur, vollendet, in einer Entfernung von fast 90 Sonnenhalbmesser, seinen Umlauf in der Zeit von 3½ Umschwüngen der Sonne; der sonnenfernste aber, Neptun, hat eine Entfernung von mindestens 6480 Sonnenhalbmessern, und die Sonne macht midestens 2480 Drehungen während eines seiner Umläufe. Wir haben aber bereits weiter oben die Möglichkeit eines noch sonnennäheren Planeten diesseits des Merkur und die Wahrscheinlichkeit noch mehrerer sonnenfernerer Planeten jenseits des Neptun angedeutet.

Wie viele Planeten aber noch jenseits des Neptun vorhanden sein möchten, diese Frage hängt offenbar mit der nach den Gränzen des Sonnensystems zusammen. Darf man sich erlauben, hierüber vermuthungsweise sich zu ergehen, so ist man zunächst an die Entfernung gewiesen, bis in welche die Alleinherrschaft der Sonne ihren Mitsonnen gegenüber sich erstrecken mag. Wenn nun der nächste Fixstern von der Sonne 200000 Sonnenweiten entfernt ist, so wären beide in der halben Entfernung (bei Voraussetzung gleicher Massen) gleich mächtig und würden sich hier die Gränzen ihrer Reiche streitig machen. Allein wie die Mondenwelten innerhalb des Sonnensystems durch Räume getrennt sind, gegen welche ihre Abmessungen nur klein sind: so ist es auch wahrscheinlich, daß die Abmessungen verschiedener Sonnensysteme auf ähnliche Weise zu den Entfernungen der Sonne selbst sich verhalten. Nun beträgt die Entfernung des Monds von der Erde nur etwa den hundertsten Theil von der ihres nächsten Planetennachbars, der Halbmesser des Jupitersystems ist beinahe der zweihundertste Theil des Abstands, welcher die Kleinplaneten von Jupiter trennt, und der Halbmesser des Saturnsystems macht etwa den 160sten Theil

seiner Entfernung von Jupiter. So erhielte man den 100sten bis 200sten Theil einer Sternweite, oder 2000 bis 1000 Sonnenweiten für den Haupthalbmesser des Sonnensystems. Die größte Entfernung von der Sonne, zu welcher Beobachtungen geführt haben, ist der Abstand der Sonnenferne des Kometen von 1680, welche 850 Sonnenweiten beträgt und einer Umlaufszeit von 8½ Jahrtausenden entspricht. Nehmen wir nun an, daß die Planetenwelt innerhalb tausend Sonnenweiten beschlossen sei, und legen wir das Bodesche Fortschreitungsgesetz zu Grunde, indem wir von Neptun an die Entfernung für jeden folgenden Planeten verdoppeln, so hätten noch fünf Planeten jenseits des Neptun Platz, deren äußerster eine Bahnweite von 960 Sonnenweiten und eine Umlaufszeit von fast 30 Jahrtausenden hätte. Darf man endlich annehmen, daß diese äußeren Planeten alle große Körper sind, deren Bahnen nur wenig gegen die Grundebene des Systems sich neigen, so ergäbe sich für den Raum, in welchem die Planeten verweilen, eine scheiben- oder linsenförmige Gestalt, deren Dicke gegen den Hauptdurchmesser (von etwa 2000 Sonnenweiten) nur unbeträchtlich wäre, was sich uns ähnlicherweise bei unserem Sternsystem herausgestellt hat.

Schon im dritten Abschnitt hat uns die Frage nach der Ursache der Seitengeschwindigkeit der Erde oder nach dem ursprünglichen Anstoß zum Umlauf um die Sonne an den Urzustand des Sonnensystems gewiesen und an eine allgemeine Axendrehung der zu demselben gehörigen Materie. Dieselbe Frage wiederholt sich bei den übrigen Planeten, sowie bei den Sondersystemen, und jene Uebereinstimmung in Richtung der Bewegung, Lage und Gestalt der Bahnen, worin wir vorhin kennzeichnende Merkmale der Planeten gefunden haben, deuten jedenfalls auf eine gemeinschaftliche Ursache hin, aus welcher die Entstehung der Planetenzonen zugleich mit dem Anfang der Umlaufsbewegungen (dem ursprünglichen Seitenanstoß) herzuleiten wäre. Diese Ursache nun hat man, wie damals schon angedeutet wurde, in einer ursprünglichen Axendrehung der noch in einem chaotischen nebelartigen Zustande befindlichen Materie

des jetzigen Sonnensystems zu finden gesucht, wo diese Materie noch nicht ein System gesonderter Massen, sondern eine Art von stetiger Raumerfüllung bildete. In der That, so viele Fragen dabei noch über die Bildung der einzelnen Gravitationspunkte, woraus zuletzt die jetzigen Massen und Massensysteme geworden wären, zurückbleiben: so unmittelbar ergeben sich daraus jene Uebereinstimmungen. Der Antrieb zum Umlauf mit der gemeinschaftlichen Richtung ist nichts anderes als die Geschwindigkeit der Axendrehung; nicht minder aber erhellt die nahezu kreisförmige Gestalt der Bahnen, da denselben die Umschwungkreise der Axendrehung zu Grunde liegen. Die Schwungkraft dieser ungeheuren Axendrehung endlich erklärt es, daß die Materie in die Gegend des stärksten Umschwungs, d. h. in die Aequatorialzone des Sonnensystems sich zusammenschaaren, und daß der Sonnenäquator die Grundebene des Systems werden mußte, geradeso wie die irdische Schwungkraft die Massenanschwellung der Erde unter ihrem Aequator erklärt, nur daß dort dieser Hergang in riesenhaftem Maßstab zu denken ist; daher denn die geringen Neigungen zumal der größeren Massen, welche in ihrer Wucht so zu sagen mehr Halt hatten, gegen die Grundebene.

Aber wie hat man sich die Hergänge zu denken, durch welche sich aus dem umschwingenden Nebelchaos die jetzigen Massen herausballten? Es ist ein mißliches Unternehmen, von etwas eine Vorstellung sich zu machen, wofür alle Erfahrung mangelt, indeß haben wir doch am Ring des Saturns einen bedeutsamen Anhaltspunkt. Man wird dadurch zu der Annahme aufgefordert, daß bei dem Verdichtungsproceß der zerstreuten Materie, welcher nach dem Schwerpunkt des Ganzen zu vor sich gehen mußte, in der Aequatorialzone der Sonne in verschiedenen Abständen zuerst kreisende Ringe sich absetzten, welche bei zunehmender Verdichtung durch die Schwungkraft selbst (und andere Ursachen) wieder geborsten sind. Die Ringtrümmer konnten sich sofort beim Kreisen um die Sonne in Eine Masse zusammenballen, und je nach der Masse und Natur der einzelnen Ringe konnte der nämliche Proceß der Ringbildung und Ringzertrümmerung sich wiederholen oder nicht.

Im ersten Fall entstanden Sondersysteme, und in einem derselben hätte sich eine Spur des Hergangs erhalten, der Saturnsring. Es läßt sich aber auch der Fall denken, daß es nicht zur Vereinigung der zerstreuten Ringtrümmer, zur Bildung eines einzigen Körpers oder eines Sondersystems kam, und diesen hätten wir in jener merkwürdigen Mittelregion der Kleinplaneten. Ja es blieb wohl auch in den anderen Regionen Materie außer dem Bereich der Planetnbildung oder es blieb eine Menge von zerstreuten kleinen Ringtrümmern zurück, um sich sofort in ganzen Schwärmen von Asteroiden in der betreffenden Region umherzutreiben, und in der That haben wir dieß in der Erdregion an den Sternschnuppen und Meteorsteinen. So unterschiede sich denn jene Mittelregion von anderen nur in der Größe der vereinzelt gebliebenen Trümmer des ursprünglichen Rings, also mehr nur dem Grad als der Art nach. Auch in den Kometen endlich hätten wir Materie, die außer dem Bereich der Massenballung blieb, große Ansammlungen flüchtiger Stoffe, welche aber „gleich ungeheuren Weltwolken" von dem sich verdichtenden Stoff der Ringe gänzlich sich trennten, um sofort die Räume des Sonnensystems regellos zu durchschwärmen.

Offenbar ist dieß die natürlichste Ansicht, welche man sich nach den erwähnten Anhaltspunkten vom Ursprung des Sonnensystems bilden kann; aber es bleiben freilich gar viele Fragen dabei zurück. Wir wollen uns nicht dabei aufhalten, denn zu einer gründlichen Erledigung ist doch keine Aussicht vorhanden. Aber die vielfach ausgesprochene, von Olbers herrührende Ansicht vom Ursprung der Kleinplaneten-Gruppe müssen wir noch der obigen gegenüberstellen. Hiernach wären sie Trümmer eines einzigen Planeten, welche bei dieser Zertrümmerung in verschiedenen Richtungen und Geschwindigkeiten fortgeschleudert worden wären, wodurch sich die verschiedenen, aber verwandten Bahnen ergeben hätten. Und merkwürdig ist es, daß der große Astronom, von dieser Vermuthung geleitet, den vierten dieser Körper, die Vesta, planmäßig entdeckte. Ist nämlich, so schloß er, eine solche Zertrümmerung die Ursache von dem Vorhandensein dieser Körper, so muß der Ort, wo dieselbe

vor sich ging, den verschiedenen Bahnen gemeinschaftlich zukommen, oder es wird wenigstens Eine Gegend des Himmels geben, in welcher alle jene Trümmer bei jedem ihrer Umläufe sich zeigen müssen (weil nämlich die Planeten nicht genau an denselben Ort zurückkommen, indem sich vielmehr die Punkte, Linien und Ebenen der Bahnen allmälig im Verlauf der Zeiten verschieben). Eine solche Gegend war in der That durch die vorhandenen drei Kleinplanetn (Ceres, Pallas, Vesta) angezeigt, daher beschränkte Olbers auf dieselbe seine Nachforschungen nach weiteren Trümmern, er legte sich so zu sagen an der Stelle, wo sie seiner Vermuthung nach vorbeikommen mußten, auf die Lauer, und erwischte daselbst im Jahr 1807 wirklich die Vesta. Ja er setzte seinen Hinterhalt noch Jahre lang fort und glaubte versichern zu können, daß bis 1815 kein anderer Planet mehr, außer den vieren, jene Gegend passirt hätte, woraus er sofort, da der Zeitraum von 1807 bis 1815 die Umlaufszeit der Kleinplaneten weit übertrifft, zu schließen geneigt war, daß auch keiner mehr verhanden sein möchte, wenn anders jene Vermuthung gegründet sei. Dieß verhält sich anders, wie wir jetzt wissen, doch Asträa wenigstens wiederlegt die Olbers'sche Hypothese nicht, da sie auch in jener Gegend vorbeikommt. Und in der That, wenn sich dasselbe sofort bei allen übrigen herausstellte, so spräche dieß sehr für die erörterte Ansicht. Daß aber die bloße Mehrheit von Körpern hiezu nicht nöthigt, daß man sich vielmehr die Sache auch auf gerade entgegengesetzte Art zurechtlegen kann, das haben wir oben gesehen; und wenn hier die Frage zurückbleibt, warum es eben in dieser fünften Region nicht zur Bildung eines einzigen Hauptkörpers gekommen sei, so erhebt sich bei der Olbers'schen Hypothese die Frage, warum es gerade hier, und wie es zu einer Planetenzertrümmerung gekommen sei?

VIII.

Die Region und das System der Erde.

Unsere Planetenregion enthält außer dem Sondersystem der Erde einen die Sonne umkreisenden Nebelring, das Thierkreislicht, und Schwärme von Asteroiden, welche ebenfalls um die Sonne kreisen und mit der Erde selbst als kosmische Ankömmlinge, Meteorsteine und Sternschnuppen zusammentreffen, um sofort ihr anzugehören. Das System der Erde besteht nur aus zwei Körpern, der Erde und dem Mond. Die kosmischen Verhältnisse der Erde hat das erste Buch auseinandergesetzt, ihre eigene Naturgeschichte ist Gegenstand der zwei folgenden Bücher. So bleiben diesem Abschnitt drei Gegenstände zur Erörterung, der Trabant der Erde, das Thierkreislicht und die irdischen Asteroiden. Beim Mond hat seine Nähe die Kenntniß von Einzelheiten seiner Oberfläche veranlaßt, wie sie von keinem anderen Weltkörper je sich erwarten lassen; zuvörderst aber haben wir zwei Gegenstände zu erörtern, welche ohne Zweifel allgemeine Merkmale der Nebenplaneten sind, die eigenthümlichen Ungleichheiten seiner Bewegung und seine nicht minder eigenthümliche Axendrehung.

Der Mond erfährt, wie die anderen Planetentrabanten, eigenthümliche Störungen, weil die Sonne selbst hier als der störende Körper auftritt. Abgesehen von den Störungen ist die Bahn des Monds um die Erde mäßig elliptisch, die Excentricität beträgt gegenwärtig etwas über $1/20$ der mittleren Entfernung von 51800 Meilen, die größte ist 54600, die kleinste 48900 Meilen. Die hieraus entspringende Ungleichheit

macht im größten Werth $6^1/_4$ Grad aus, d. h. um so viel kann der elliptische Mondort von demjenigen abweichen, der ihm bei gleichförmiger Bewegung zukäme, oder von dem mittleren Mondort. Dieser elliptische Mondort kann aber wieder durch den Einfluß der Sonne um etwa zwei Grad verändert werden, indem sie den Mond bald beschleunigt bald verzögert, und zwar in verschiedenen Stellungen verschieden. Während nämlich die Sonne mit der vollen Kraft ihrer Anziehung Erde und Mond miteinander, oder vielmehr ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, welcher noch in den Erdkörper selbst fällt, jährlich herumführt, zieht sie abwechselnd bald den Mond bald die Erde stärker an, je nachdem sie dem einen oder dem anderen Körper näher steht, vergrößert dadurch den Abstand beider Körper, und verzögert somit die Bewegung des Mondes, am stärksten zur Zeit des Vollmonds und des Neumonds. Je gleicher ferner die Entfernungen beider Körper von der Sonne sind, einen desto stärkeren Winkel machen die Richtungen der Anziehung miteinander; werden aber zwei Körper mit gleicher Stärke in verschiedenen Richtungen nach einem Punkt gezogen, so müssen sie sich einander nähern; der Mond wird daher beschleunigt um die Zeit der Viertel. Die hiemit näher ausgeführte Wirkung ist zwar nur eine der vielen Mondsstörungen, aber die stärkste (im Betrag von mehr als einem Grad), die sich überdieß in den vier Hauptpunkten des Mondlaufs vorzugsweise äußert, daher sie schon von den Alten bemerkt wurde (bekannt unter dem Namen der Evection). Eine zweite, im Betrag nur halb so groß als die Evection, wurde ebenfalls noch vor der Zeit der genauen Betrachtungen von Tycho wahrgenommen und Variation genannt; sie äußert sich am stärksten in den mittleren Punkten zwischen den Punkten der vier Hauptphasen, abwechselnd beschleunigend und verzögernd, und rührt von dem bald spitzen bald stumpfen Winkel der beiden Richtungen her, in welchen der Mond von Erde und Sonne angezogen wird. Die dritte der Größe nach richtet sich nach den Jahreszeiten der Erde, indem sie von der Verschiedenheit der Anziehung in den verschiedenen Entfernungen der Erde von der Sonne herrührt, die jährliche, von der elliptischen Gestalt der Erdbahn ab-

hängige Ungleichheit (ebenfalls schon von Tycho wenigstens angedeutet).

Dieß sind die bedeutendsten unter den sogenannten periodischen Ungleichheiten (deren Perioden insbesondere die Umlaufszeiten der beiden Körper selbst sind, der Monat und das Jahr). Allein die heutige Mondstheorie kennt mehr als hundert verschiedene Ungleichheiten des Mondlaufs, mit Einschluß der von den Planeten herrührenden Störungen; denn jede der größeren Ungleichheiten hat wieder Verschiedenheiten in den Anziehungen zur Folge, woraus neue kleinere Ungleichheiten sich ergeben. Wir können nicht umhin noch zwei minder beträchtliche Ungleichheiten des Monds zu erwähnen, weil sie höchst merkwürdige Folgerungen dargeboten haben. Unter den verschiedenen Sonnenstörungen befindet sich nämlich eine, die parallaktische, welche lediglich von dem Betrag der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde in der Art abhängt, daß ihr höchster Betrag der Sonnenparallaxe gleich ist, und man hat daraus in der That diese, also die Entfernung der Erde von der Sonne selbst, ziemlich übereinstimmend mit den wirklichen Messungen hergeleitet. Unter den anderweitigen Störungen kommen ferner solche vor, die ihren Grund in der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt haben, und aus diesen hat man einen Betrag der Abplattung der Erde gefolgert, welcher ebenfalls mit den unmittelbaren Messungen (Gradmessungen und Pendelbeobachtungen) sehr zusammenstimmt. So konnte also der Astronom, ohne seine Sternwarte zu verlassen, durch sorgfältige Mondbeobachtungen Größen ermitteln, deren unmittelbare Bestimmung Messungen erfordert, welche an verschiedenen entlegenen Orten der Erdoberfläche angestellt werden müssen.

Die merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten bietet aber der Mondlauf in den Störungen dar, durch welche sich die Bahnelemente selbst allmälig verändern; denn während hier bei den Planeten ungeheure Zeiträume vergehen, bis der ursprüngliche Zustand sich hergestellt hat, wie wir im vierten Abschnitt an der Erde gesehen haben, gehen diese Veränderungen beim Mond sehr rasch von statten, so daß Jahre an die Stelle von Jahrtau-

senden treten. Die Apsidenlinie der Mondbahn vollendet in nicht ganz 9 Jahren einen vollen Umlauf in ihrer Ebene, und zwar rechtläufig von Westen nach Osten wie die Bewegung des Monds selbst, die Erdnähe des Mondes findet also schon nach 4$^1/_2$ Jahren an der gerade entgegengesetzten Stelle des Himmels statt von derjenigen, wo sie vor dieser Zeit statt hatte. Etwas langsamer verändert sich die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Erdbahn, indem sie (oder, wie man zu sagen pflegt, die Mondsknoten) in 18$^2/_3$ Jahren rückläufig die Ekliptik rund herum durchstreicht, und hierin liegt der Grund, warum nach 18 Jahren die von den Mondsknoten, d. h. von der Stellung des Monds zur Erdbahn abhängigen Finsternisse so ziemlich wieder auf dieselben Jahrestage fallen. Hierin liegt auch der Grund von der Schwankung der Erdaxe, die wir im zweiten Abschnitt erwähnt haben, einer periodischen Ungleichheit in der Bewegung der Erdaxe, die sich ausgleicht, so oft der Mond an dieselbe Stelle der Ekliptik zurückkehrt. Beide Bewegungen sind indeß keineswegs gleichförmig, sondern haben selbst wieder ihre Ungleichheiten, die erst in viel längeren Zeiträumen sich ausgleichen. Die Neigung der Mondbahn gegen die Erdbahn schwankt ebenfalls in kurzen Zeiträumen, aber zwischen sehr engen Gränzen hin und her, denn die Aenderung beträgt weniger als den dritten Theil eines Grads. Die Mondbahn liegt übrigens zwischen der Ekliptik und dem Aequator so, daß sie mit jener einen Winkel von 5 Grad, mit diesem einen Winkel von 18 Grad macht, und hierin unterscheidet sich der Erdmond sehr von den Monden oder äußeren Planeten, namentlich Saturns, wo die Mondbahnen wenig vom Aequator, aber stark von der Bahnebene des Hauptplaneten abweichen. Das System der Erde streitet also gegen das Gesetz, daß die Trabantenbahnen nahe mit den Planetengleichern zusammenfallen.

Außer den kurzen Perioden, in welchen die genannten Veränderungen der Mondbahnelemente vor sich gehen, ist eine nicht minder merkwürdige Eigenthümlichkeit die Veränderlichkeit der großen Axe oder der Umlaufszeit, die sogenannte sekuläre Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes

(eine sogenannte „sekuläre Störung" wegen ihrer außerordentlich langen Periode). Aus Vergleichung der ältesten Beobachtungen von Finsternissen, seit welchen der Mond Myriaden von Umläufen vollendet hat, geht hervor, daß die Umlaufszeit des Monds kürzer geworden ist, und fortwährend kürzer wird, aber äußerst langsam, indem es in 2000 Jahren erst eine halbe Sekunde ausmacht, was einer Abnahme der Bahnweite um etwa 180 Fuß entspricht. Man darf aber nicht befürchten, daß dieß so fortgehen, und daß nach Millionen von Jahren der Mond mit der Erde zusammenstürzen möchte, denn nach Myriaden von Jahren wird die Beschleunigung wieder in Verzögerung, die Annäherung in Entfernung übergehen. Dieß weiß man gewiß, seitdem Laplace die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung enthüllt hat. Wir haben oben gesehen, daß die Excentricität der Erdbahn die jährliche Ungleichheit des Monds zur Folge hat; aber diese Excentricität bleibt sich selbst nicht gleich, sondern ändert sich langsam zwischen engen Gränzen innerhalb ungeheurer Zeiträume, wie wir im vierten Abschnitt gesehen haben; daher rührt also jene Aenderung in der mittleren Entfernung und Bewegung des Mondes, welche in entsprechenden Perioden zwischen engen Gränzen ab- und zunimmt. Auf ähnlichen Umständen beruhen die seculären Ungleichheiten in der Bewegung der Knoten und Apsiden des Mondes.

Schon am Schluß des vierten Hauptstücks haben wir auf die mannigfaltigen epicycloidischen Bewegungen aufmerksam gemacht, die sich im Weltall sozusagen aufeinanderthürmen, indem die kreisenden Bewegungen um selbst kreisende Mittelpunkte stattfinden. Dabei können zwei Fälle stattfinden. Entweder durchkreuzt sich die epicycloidische Bahn wiederholt und bildet eine Folge von Schleifen, oder sie durchkreuzt sich nicht und biegt wellenförmig zu beiden Seiten der Hauptbahn aus. Das letztere gilt von der jährlichen Bahn des Mondes um die Sonne, denn seine beziehungsweise Geschwindigkeit in seiner Bewegung um die Erde ist 30mal geringer als die mit der Erde gemeinschaftliche Geschwindigkeit um die Sonne, welche 4 Meilen in der Sekunde beträgt. Das Jahr des Mondes,

welches den Kreislauf des Sonnenstandes bestimmt, ist dasselbe mit dem Erdjahr; es besteht aber für ihn nur aus so viel Tagen (Zeiträumen des Wechsels von Tag und Nacht), als es Umläufe des Mondes um die Erde enthält. Denn die beiden Zeiten, diejenige der Axendrehung des Mondes und die seines Umlaufs um die Erde sind gleich, und damit kommen wir auf die eigenthümlichen Drehungsverhältnisse des Mondes, welche er höchst wahrscheinlich auch mit allen Trabanten theilt.

Der Mond dreht sich also genau in der Zeit seines Umlaufs (des Sternmonats) um eine Axe, welche nahezu rechtwinklig zur Ebene der Erdbahn steht, aber in der entgegengesetzten Richtung Ost-West. Der Mondäquator neigt sich gegen diese Ebene nur unter einem Winkel von 1½ Grad, liegt stets zwischen dieser und der Mondbahnebene (deren Neigung 5 Grad beträgt) und schneidet sie stets in denselben Punkten, wie seine Bahnebene, wenn man von gewissen periodischen Veränderungen der letzteren Durchschnittspunkte absieht. Die Durchschnittspunkte des Mondgleichers mit der Ekliptik fallen also mit den mittleren Mondsknoten zusammen und theilen die obenerwähnte rückläufige Bewegung, vermöge deren sie in 6793 Tagen einen Umlauf machen. Hieraus erklärt sich von selbst, warum uns der Mond stets dieselbe Seite zukehrt, sein uraltes unveränderliches Gesicht; denn in dem Maß als der Mond in seiner Bahn um die Erde fortrückt und uns allmälig andere Theile seiner Oberfläche zukehren sollte, dreht sich vermöge der in entgegengesetzter Richtung vor sich gehenden Axendrehung die ursprüngliche Seite nach. Weil indeß die Axendrehung wie die übrigen Axendrehungen, welche wir kennen, gleichförmig, der Umlauf um die Erde aber ungleichförmig ist, und weil die Ebenen der Bahn und des Aequators Winkel miteinander machen, so tritt allmälig noch eine Zone der jenseitigen Mondhalbkugel in unseren Gesichtskreis, welche 7 bis 8 Grad in der Breite hält, die aber nicht nach allen Richtungen gleich groß ist. Dieß ist die sogenannte Schwankung (Libration) des Mondes, übrigens mehr eine scheinbare als eine physische Schwankung.

Die Mechanik zeigt nun noch, daß diese Axendrehungsverhältnisse in Folge der Erdanziehung sich genau herstellen mußten und auf ewige Zeiten sich erhalten werden, wenn sie ursprünglich nur annähernd vorhanden waren. Denn kehrte der Mond ursprünglich, zur Zeit des flüssigen Urzustands, der Erde vorherrschend eine und dieselbe Seite zu, so mußte sich durch die Anziehung der Erde in dieser Mondhälfte mehr Masse anhäufen, sie mußte schwerer, also stärker von der Erde angezogen werden, als die abgewandte Mondhälfte, und mithin das Bestreben erhalten, der Erde sich zuzudrehen, dergestalt daß derjenige Monddurchmesser, der durch die Mitte jener Massenanschwellung geht, dem Mittelpunkt der Erde sich zurichtete. Durch dieses Bestreben aber mußten die beiden Zeiträume der Axendrehung und des Umlaufs vollkommen gleich werden, wenn sie auch anfangs etwas von einander abwiechen. Die ursprüngliche annähernde Gleichheit beider Bewegungen läßt sich indeß zur Zeit nicht weiter erklären; sie ist aber schwerlich zufällig, zumal da sie eine allgemeine Eigenschaft der Mondsnatur zu sein scheint, und deutet auf das Vorhandensein besonderer Bedingungen bei Bildung der Mondsysteme. So führen also die Axendrehungsverhältnisse des Monds zugleich auf eine eigenthümliche Abweichung von der Kugelgestalt, ganz verschieden von der Abplattung der Planeten, oder zunächst auf eine Abweichung von der ebenmäßigen Vertheilung der Masse um den Schwerpunkt, vermöge deren die der Erde zugewandte Mondhälfte schwerer, übrigens ohne Zweifel auch ausgewölbter ist, als die andere.

Wie anders sich die Jahreszeiten und Zonen auf dem Mond gestalten, läßt sich ermessen, wenn man einerseits den langsamen Tag- und Nachtwechsel, andrerseits die geringe Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik bedenkt, vermöge der die Verhältnisse des Monds dem einen der beiden Aeußersten sich nähern. Unter dem Mondäquator dauert der Tag stets 354½ Stunden, und noch in der Breite von 88½ Grad wechselt Tag und Nacht stets alle Monat, so daß der Unterschied von Tag und Nacht 190 Stunden beträgt. Weiterhin

treten zwar die Eigenschaften der Polarzone auf, allein die Sonne sinkt nie tiefer als 1½ Grad unter den Horizont beider Pole, noch erhebt sie sich um mehr darüber. Daher kommt es, daß schon sehr mäßige Höhen an den Mondpolen ununterbrochenen Sonnenschein haben müssen, entsprechende kesselförmige Vertiefungen aber die Sonne nie sehen können. Solche giebt es aber in der That, man sieht wirklich an den Mondpolen zu allen Zeiten helle Punkte, die wie Lichtinseln aus dem umgebenden Dunkel hervorstrahlen. Die Nächte auf der diesseitigen Mondhälfte endlich werden vom Erdschein 14mal stärker erleuchtet, als die Erdnächte vom Mondschein, da nach dem Größenverhältniß beider Körper die Erde vom Mond aus als eine 14mal größere Scheibe erscheint. Diese Beleuchtung ist auch zur Zeit der Vollerde, d. h. des Neumonds, so stark, daß man sie von der Erde aus sieht, das sogenannte aschfarbene Licht der Mondscheibe in den ersten Tagen nach dem Neumond.

Daß der Mond von der Erde dem Raum nach 49mal, der Masse nach 88mal übertroffen wird, und daß daher seine mittlere Dichte etwas über halb so groß ist als die der Erde, oder 3mal so groß als die Dichte des Wassers, wurde schon an einer anderen Stelle bemerkt. Die Schwere auf der Mondoberfläche ist 6⅔mal geringer als die Erdschwere, der Fallraum in der ersten Sekunde beträgt nur 2⅓ Fuß; ein irdischer Centner wiegt dort nur 16 Pfund, und eine Höhe von 10 Fuß gilt dort für 68 Fuß Höhe (nämlich beides hinsichtlich des Widerstands gegen anderweitige Kräfte, z. B. Steigung einer Straße u. s. w.). Wie anders werden schon dadurch die Oberflächenverhältnisse des Mondes verglichen mit denen der Erde, und auf entgegengesetzte Art als bei der Sonne! Dazu kommt aber als das entscheidendste Merkmal gänzlicher Verschiedenheit der Mangel einer Atmosphäre. Wo aber keine Luft ist, da ist auch kein Wasser und kein Feuer und, dürfen wir wohl auch hinzufügen, kein Leben; es giebt überhaupt keine Veränderung der Oberfläche. Der Mond ist ein gänzlich starrer Körper, so unveränderlich, wie ein ohne Zutritt von Wasser und Luft aufbewahrtes Felsstück. Daß aber der Mond keine

Gashülle hat, schließt man mit Sicherheit aus dem völligen Mangel an Strahlenbrechung bei Sternbedeckungen, d. h. wenn Fixsterne hinter dem Mond verschwinden und wieder sichtbar werden, so findet nie eine Ablenkung der Lichtstrahlen statt, was doch der Fall sein müßte, wenn der Mond eine Gashülle hätte.

Diejenigen, welche sich für eine Mondatmosphäre verkämpft haben, haben eingewendet, daß der Mondrand, an welchem die Sterne verschwinden und wieder erscheinen, mit hohen Gebirgen besetzt sein könne, an deren Spitzen die Atmosphäre nothwendig weniger dicht sein müsse, als in den Niederungen, wo also immerhin eine dichtere Hülle vorhanden sein könnte. Allein wenn man, unter den günstigsten Annahmen für den Mond, wirklich rechnet, so bringt man immer noch nicht den 500sten Theil von der Dichte der irdischen Atmosphäre heraus, eine Dichte, welcher ein Barometerstand von etwa 1/20 Zoll entspräche, zu dessen Hervorbringung selten eine Luftpumpe ausreicht. Dieß ist so gut als Nichts, es ist aber auch viel wahrscheinlicher, daß wirklich gar Nichts von einer Atmosphäre vorhanden ist, und gewiß ist, daß keine Erscheinung auch nur die geringste Spur von einer Atmosphäre andeutet.

Es erübrigt noch, über die auffallenden Unebenheiten der Mondoberfläche, die zahlreichen Erhöhungen und Vertiefungen zu sprechen, wobei wir vorzugsweise der Besselschen Darstellung folgen. Das Vorhandensein der Berge sieht man sehr deutlich an den Schatten, welchen sie im Sonnenschein in die Niederungen werfen, ja man wird durch Messung der Schattenlänge sogar in den Stand gesetzt, die Berghöhen zu bestimmen, d. h. die beziehungsweise Erhebung des Bergs über die umgebende Niederung (also bloße Höhenunterschiede). Der größte Höhenunterschied, welchen man angetroffen hat, beträgt 22360 Pariser Fuß, erreicht also noch nicht die Meereshöhe des höchsten Erdbergs, die man zu etwa 25000 Fuß schätzt. Aber abgesehen davon, daß letztere Höhe die Erhebung über die tiefsten Theile der Erdoberfläche angiebt, erstere nur die Erhebung über die Umgebung, die selbst eine Hochebene sein kann: so ist die

Höhe der Mondberge jedenfalls im Verhältniß zum Mondkörper beträchtlicher als die der irdischen Gebirge, wozu noch der Umstand kommt, daß beim Mond Höhenunterschiede von mehr als 18000 Fuß überaus häufig sind. Die Mondfläche ist also nach Höhe und Menge der bedeutenden Hervorragungen unebener und rauher als die Erdfläche; aber auch in der Gestalt und Bildung der Höhen zeigen sich auffallende Verschiedenheiten von der Erde, vor allem in der mehr oder weniger regelmäßigen kreisartigen Form, welche zwar nicht alles Mondgebirge besitzt, die aber doch so vorherrscht, daß es keine Mondgegend gibt, wo man sie nicht antrifft.

Die kleinsten Gebilde der Art, welche man auf dem Mond wahrnimmt, erinnern an die Krater unserer Vulkane, weshalb man diese Bildung überhaupt die Kraterform genannt hat, besser aber im Allgemeinen von Wallform spräche. Ein oft sehr steil aufsteigender Bergwall umschließt nämlich einen Raum von kleinem Durchmesser bis zu 30 Meilen und darüber, in dessen Innerem sich häufig kleinere ähnliche Bildungen zeigen, sowie auch auf den größeren Bergwällen selbst. Wir werden daher unter den zahllosen Bergwällen der Art, welche der Mond zeigt, die kleineren, als die eigentlichen Krater, von den größeren, oder den Ringgebirgen, unterscheiden. Die Krater sind regelmäßig rund und zeigen immer einen kugelförmig vertieften Boden, vergleichbar den Spuren, welche Luftblasen hinterlassen, die in einem Stoff, wie flüssiges Pech, vor dem Erkalten desselben aufsteigen; die kleinsten sind so groß oder größer, als die größten Vulkankrater auf Erden und auch dadurch wesentlich verschieden, daß man ihren Boden sieht; sie sind endlich in wahrhaft unzählbarer Menge vorhanden, dergestalt daß weite Gegenden damit übersäet erscheinen. Die Ringgebirge von 10, 20, 30 Meilen Durchmesser sind nicht so regelmäßig geformt, meistens umgeben mehrere oft mit einander verbundene Ketten einen inneren Raum, in den sich ein Zweig derselben oft noch hineinerstreckt, sowie sich auch abgesonderte Spitzberge darin erheben. „Bei Betrachtung dieser Erscheinungen kann man sich," sagt Bessel, „kaum der Vorstellung erwehren, daß sie Ueberreste

von Aufblähungen sind, welche die Oberfläche des Monds in mehr oder minder flüssigem Zustand erfahren hat; die früher entstandenen Ringgebirge erscheinen wie Ueberreste gigantischer Blasen, deren Ränder bei noch vorhandener größerer Flüssigkeit der Masse zum Theil wieder verflossen und dadurch die Form zusammengesetzter Gebirge annahmen; die späteren kleineren Krater erscheinen wie das Produkt kleinerer Blasen, welche eine schon fester gewordene Masse durchdrangen, die durch Zusammenfließen wenig mehr verändert werden konnte."

Es kommen indessen auf dem Mond auch Gebirgsmassen vor, welche mehr irdischen Gebirgen gleichen, wie den Alpen und Anden, übrigens fehlen die Längenthäler ganz, welche ihren Ursprung der Thätigkeit des Wassers verdanken. Ohne alle irdische Aehnlichkeit sind aber wiederum die sogenannten Rillen des Mondes, lange und schmale, gewöhnlich vollkommen gerade, zum Theil auch gekrümmte Vertiefungen, die sich von 2 bis 30 Meilen erstrecken, zuweilen durch kleine Krater gehen, oder nahe daran vorbei; daß sie beträchtliche Vertiefungen sind, das zeigt der in ihr Inneres fallende Schatten ihrer Ränder. Man darf so wenig an Flüsse als an Kanäle dabei denken; eher möchte man auf Risse rathen, welche die Mondrinde lange nach Entstehung der Wälle, wo sie noch halbflüssig gewesen sein mag, bei fortgehender Erkaltung erlitten haben könnte.

Man findet auffallende Verschiedenheiten der Lichtstärke in verschiedenen Gegenden des Monds; man nimmt selbst mit bloßen Augen große dunkle Stellen auf glänzenderem Grunde wahr, die sogenannten Meere der älteren Karten. Dieß könnten sie aber nach ihrem Aussehen nicht sein, auch wenn dem Mond überhaupt Luft und Wasser zukäme; denn ihre Oberfläche ist keineswegs gleichförmig und eben, sondern zeigt hellere und dunklere Stellen, Erhöhungen und Vertiefungen, namentlich auch Krater in Menge. Es ist keine Frage, daß es blos die größere oder geringere Fähigkeit der dasigen Stoffe ist, das Licht zurückzuwerfen, was diese Verschiedenheiten hervorbringt, die größere oder geringere Weiße der Mondgesteine. Jenen dunkelsten Stellen stehen durch alle möglichen Grade der Weiße

zuletzt die auffallend glänzenden Gebirgsgegenden gegenüber. Ueberhaupt erscheint wohl die Ebene im Allgemeinen weniger hell, indeß kommt auch vielen Gebirgen ein geringerer Grad von Helligkeit zu, zum deutlichen Beweis, daß die größere oder geringere Weiße nicht von der Form, sondern nur von der stofflichen Beschaffenheit der lichtzurückwerfenden Gegenstände herrührt. Besonders merkwürdig sind aber in dieser Beziehung noch die hellen, einige Meilen breiten Streifen, welche sich von gewissen Punkten ausgehend strahlenförmig über die Mondoberfläche verbreiten. Sie gehen insbesondere manchmal in sehr großer Anzahl (100) von Ringgebirgen aus, diese „nach Art eines Heiligenscheins" umgebend, und auf Entfernungen von 30, 50 ja mehreren Hunderten von Meilen sich erstreckend, alles durchsetzend endlich, was sie in ihrer Richtung antreffen, Ebene, Gebirg oder Krater. Man hat sie für Bergadern gehalten, was sie aber nicht sein können, da sie nie einen Schatten werfen, noch können sie Lavaströme sein, da sie oft an den Bergwällen auf Tausende von Meilen in die Höhe gehen und alles durchsetzen. Eben deßhalb rechnet Bessel diese Erscheinung hieher, d. h. zu denen, die von stofflichen Verschiedenheiten herrühren, es sind wohl Gesteinsarten von bedeutender Weiße. Ihr Zusammenhang mit den Ringgebirgen ist durch ihr strahlenhaftes Ausgehen von denselben entschieden angedeutet, und dieß deutet wiederum darauf hin, daß diese Ringgebirge Mittelpunkte für die Bildung der Mondoberfläche gewesen sind, indem diese Strahlen den Zug der verschiedenartigen Materie des noch flüssigen Monds nach diesen Mittelpunkten hin bezeichnen, wo etwas Gährendes zum Ausbruch kam. Es würde, schließt Bessel diese Betrachtung, für unsere Geologen von höchstem Belang sein, durch einen größeren Ueberblick über die Erde zu erfahren, ob auch sie solche Streifen oder Strahlensysteme besitze.

Erwägen wir schließlich, daß auf dem Mond der zerstörende und verwitternde Einfluß von Luft und Wasser gänzlich fehlt, daß wegen desselben Mangels auch kaum an vulkanische Ausbrüche mehr gedacht werden darf, weil die etwaige innere Wärme ohne Wasser und Luft für die Oberfläche erfolglos blei-

ben muß: so müssen wir den Zustand der Mondoberfläche für unveränderlich halten, gänzlich stereotyp geblieben seit dem Erstarren der Masse, höchstens daß die erstarrte Rinde hie und da geborsten sein möchte. Der Mond zeigt sich uns also noch im ersten Zustand seiner Erstarrung, Bessel sagt: ewig neu und frisch, nie alternd, ebenso gut können aber wir sagen: uralt, nie sich verjüngend. Hoch die lebendige Erde!

Das Thierkreislicht ist eine Lichterscheinung, die sich in Gestalt eines pyramidalisch vom Horizont aufsteigenden Streifens in unseren Gegenden nur im Frühling nach der Abenddämmerung und im Herbst vor der Morgendämmerung wenige Tage hindurch zeigt, leicht mit einem Kometenschweif verwechselbar, was z. B. 1843 hin und wieder geschah. Wegen seiner Schwäche in unseren Gegenden hat es erst in der Mitte des 17ten Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Physiker und Astronomen auf sich gezogen und ist gewissermaßen von Childrey und Cassini in Europa entdeckt worden. Ganz anders verhält es sich in den Tropen, wo es Monate lang bis zu einer Höhe von fast 40 Grad sichtbar ist und mit den hellsten Theilen der Milchstraße an Helligkeit wetteifert. Hierüber muß man die ebenso lehrreiche als anmuthige Beschreibung selbst nachsehen, welche Humboldt nach wiederholter Selbstanschauung davon entwirft. „Wer Jahre lang in der Palmenzone gelebt hat, dem bleibt eine liebliche Erinnerung von dem milden Glanze, mit dem das Thierkreislicht, pyramidal aufsteigend, einen Theil der immer gleich langen Tropennächte erleuchtet u. s. w." Aus der Richtung wie aus der Zeit seiner vollkommensten Sichtbarkeit folgt, daß das Licht nicht nur in der Erdregion oder zwischen der Venus- und Marsbahn, sondern auch in der Ebene des Sonnenäquators sich befindet oder wenigstens hier am stärksten leuchtet, als im Zustand der größten Verdichtung begriffen, während es wohl weiter nach beiden Seiten sich erstrecken mag. Wenn die Erde den Sonnenäquator durchschneidet, d. h. vor der Mitte Junis und Decembers, befindet sie sich ohne Zweifel in dem Thierkreislicht selbst, es ist aber dann natürlich unsichtbar, während es am besten sichtbar wird um die Zeiten, wo die Erde am meisten

(7½ Grad) vom Sonnenäquator abweicht, d. h. um die Mitte des März und des Septembers.

Diese merkwürdige Erscheinung kann nicht die Sonnenatmosphäre selbst sein, wofür man es lange gehalten hat, indem man sich dieselbe in der Gleicherzone der Sonne sehr weit in linsenförmiger Abplattung sich erstreckend dachte. Dieß ist mit den Ergebnissen der Mechanik im Widerspruch, welche im vorigen Abschnitt in der Naturgeschichte der Sonne auseinander gesetzt worden sind, wornach die Sonnenatmospäre auch in der Gleicherzone kaum bis zur halben Merkursweite sich erstrecken kann, und man darf deßhalb auch gewiß der Sonne kein nebelsternartiges Aussehen zuschreiben, was manche Astronomen des Thierkreislichts wegen gethan haben; denn die wirkliche helle Sonnenatmosphäre ist viel zu beschränkt, und das Thierkreislicht ist viel zu schwach und ebenfalls noch auf einen zu kleinen Raum beschränkt. Ohne Zweifel liegt daher die Ursache der betreffenden Erscheinung in dem Vorhandensein eines Rings dunstartiger Materie, welcher in der Erdregion frei um die Sonne kreist nach den planetarischen Gesetzen, sehr abgeplattet ist und ohne Zweifel von der Sonne beleuchtet wird, etwa nach Art der Kometennebel. Er scheint in der Ausdehnung veränderlich zu sein, und manchmal weit über die Erdbahn hinaus, manchmal sich nur kaum bis zu ihr zu erstrecken; man kann aber darüber so wenig, wie über seine Abmessungen etwas Bestimmtes behaupten. Die Vermuthung, daß es durch die unzähligen Kometenausströmungen sich erhalten oder gar vergrößern möchte, müssen wir auf sich beruhen lassen, und der Annahme eines Zusammenhangs mit dem der Sonne zu mehr verdichteten Weltdunst möchten wir den Gedanken gegenüberstellen, daß auch in anderen Planetenregionen solche Nebelringe als Rückstände der Planetenbildung vorhanden sein könnten, von denen wir freilich nichts wahrnehmen, da der irdische Nebelring schon zu den minder auffallenden Himmelserscheinungen wenigstens für unsere Gegenden gehört.

Wir kommen endlich zu den letzten und kleinsten Massen, welche nach der jetzigen Ansicht planetarisch die Sonne umkrei-

sen, und auch hier kann natürlich nur von denjenigen Asteroiden die Rede sein, die in der Erdregion schwärmen und häufig mit der Erde wirklich zusammentreffen, zugleich die einzigen kosmischen Gegenstände, welche in unsere Hände kommen. Wir können hier kürzer darüber sein, da Humboldt selbst sie mit großer Ausführlichkeit behandelt, wie er es auch war, der jene einzig haltbare Ansicht begründete, indem er zuerst auf die entscheidende Thatsache der periodischen Sternschnuppen aufmerksam gemacht hat.

Die hieher gehörigen Erscheinungen, Sternschnupen, Feuerkugeln, Meteorsteine hatte man lange für eigentliche irdische Meteore oder auch, wenigstens die letztgenannten, für Mondauswürflinge gehalten, dergestalt, daß man ihnen geradezu den Namen „Mondsteine" geben wollte, wenn man nicht ganz an den „vom Himmel gefallenen Steinen" und an den „Steinregen" zweifelte, was früher wohl von vielen Physikern geschah. Man zweifelte nicht mehr daran, seitdem der Zusammenhang dieser Erscheinungen unter einander nachgewiesen war, seitdem man nämlich erkannt hatte, daß Feuerkugeln nur große Sternschnuppen, und daß die Meteorsteine nur die massigen Rückstände des Zerstörungsprocesses sind, dem die Asteroiden unterliegen, wenn sie mit der Erde und zwar zunächst mit ihrer Atmosphäre zusammengerathen. Sie entzünden sich dann, zerplatzen und lassen erhitzte steinartige Massen herabfallen; die Erhitzung macht sie leuchtend bei Nacht, man hat aber auch bei Tage wie aus einem kleinen Gewölke solche erhitzte Massen niederstürzen sehen. Wenn es im höchsten Grad unwahrscheinlich ist, daß durch irgend einen atmosphärischen Proceß solche zum Theil sehr beträchtliche Massen aus atomartiger Auflösung plötzlich sich herausballen sollten, so deutet die Messung ihrer Entfernungen und Geschwindigkeiten entschieden auf kosmischen Ursprung. Es sind planetarische Geschwindigkeiten, viel größer als alle irdischen Geschwindigkeiten, selbst mit Einschluß der Axendrehung. Durch gleichzeitige Beobachtungen von entfernten Standorten aus hat man nämlich die Parallaxen der Sternschnuppen gemessen und gefunden, daß ihre Höhe 4 bis 35

Meilen beträgt, woraus sich dann ferner ihre beziehungsweise Geschwindigkeit zu 4½ bis 9 Meilen in der Sekunde ergab. Die Hypothese der Mondsteine aber scheiterte theils an der Ansicht, die wir uns vom Mond zu bilden genöthigt sind, welche vulkanische Ausbrüche ausschließt, wie wir gesehen haben, theils, nach der nunmehr gewonnenen Einsicht in ihren Zusammenhang mit den Sternschnuppen, an deren periodischer Erscheinung in ganzen Schwärmen.

Die Sternschnuppen fallen nämlich nicht nur vereinzelt, sondern auch schwarmweise, und diese Sternschnuppenschwärme kehren periodisch wieder. Die periodische Wiederkehr hat sich bis jetzt besonders an dem Novemberschwarm (12.—14. Nov.) und an dem Augustschwarm (am Laurentiustag 10. August) herausgestellt. In den genannten Novembertagen wurden über große Erdstriche hin zahllose Sternschnuppen der verschiedensten Größe gesehen; im Jahr 1833 zählte man in Nordamerika in wenigen Stunden über zwei Hunderttausende, und gerade dieses Ereigniß brachte Humboldt auf den Gedanken eines periodischen kosmischen Ereignisses, was sich seitdem durch wiederholte Beobachtung entschieden herausgestellt hat, obgleich die Menge nicht in jedem Jahr gleich war, noch über einen gleich großen Erdraum verbreitet. Eben so regelmäßig ist der Strom des Laurentius beobachtet worden, und Humboldt vermuthet, daß man noch andere periodisch wiederkehrende Ströme entdecken werde, vielleicht um den 22.—25. April wie zwischen dem 6. und 12. Dec. Besonders bedeutsam war bei der Beobachtung dieser Schwärme oder Ströme von Sternschnuppen, daß die Bahnen der einzelnen Körper, die man beobachtet und auf einer Sternkarte eingetragen hatte, gleichlaufend auf Eine Gegend des Himmels hinweisen, aus der sie herkamen, der Richtung der Erde entgegen, was sich stundenlang und selbst tagelang gleichblieb, während jene Gegend wegen der Axendrehung allmälig in andere Lagen gegen den Horizont der Beobachter kam.

Welche andere Vorstellung kann man sich hiernach von diesen Asteroidenschwärmen machen, als daß sie entweder sich rückläufig um die Sonne in Bahnen bewegen, welche die Erdbahn

schneiden, oder daß sie gar geschlossene Ringe bilden, welche von Ost nach West um die Sonne kreisen und die Erdbahn schneiden? Im ersten Fall würde die periodische Wiederkehr an denselben Jahrestagen voraussetzen, daß der Schwarm seinen Umlauf genau oder sehr nahe in derselben Zeit vollendet, wie die Erde. Im zweiten Fall könnte die Umschwungzeit des Rings jede beliebige sein, so lange derselbe die Erdbahn an denselben Punkten durchschneidet. Da einer der periodischen Ströme, der im November, in der Regel 2 bis 3 Tage dauert, so muß die Erde so lange brauchen, um ihn zu durchsetzen, woraus bei der einen oder anderen Ansicht auf eine Mächtigkeit des Schwarms von 600 bis 700 Tausend Meilen zu schließen ist, und hieraus (auch wenn es blos ein vereinzelter Schwarm ist) auf viele Millionen einzelner Asteroiden. Da im einen wie im anderen Fall ein solcher Schwarm dunkler Körper zwischen die Erde und Sonne zu stehen kommen kann, so hat man eigenthümliche Verdunklungen der Sonnenscheibe aus vorüberziehenden Asteroidenschwärmen erklären wollen, sowie auch die auffallende Kälte gewisser Jahrestage, namentlich der berüchtigten Maitage, welche gerade um ein halbes Jahr von jenen Novembertagen abstehen. Indeß ist hier noch vieles weit entfernt, als Thatsache betrachtet werden zu können, und insbesondere dürfte die letzterwähnte Beiziehung der Asteroiden zur Wetterfrage mit Grund bezweifelt werden. Ebenso dürfte es schwer sein, zwischen den beiden Ansichten von vereinzelten Schwärmen oder von gefüllten Ringen zu entscheiden; doch scheint ein Umstand mehr für das letztere zu sprechen, nämlich die Ungleichheit der beiden periodischen Ströme, zumal des Novemberstroms in verschiedenen Jahren. Dieß erklärt sich in der That vortrefflich, wenn die Erde von Jahr zu Jahr mit verschiedenen Theilen des Rings zusammenträfe, welche verschiedene Mächtigkeit haben. Ja es wäre dann wieder eine (periodische) Wiederkehr der außerordentlichen Sternschnuppenfälle, wie die von 1799 und 1833, nach längeren Zeiten zu erwarten, und Olbers hat wirklich gewagt, „die große Erscheinung, wo Sternschnuppen mit Feuerkugeln gemischt, wie Schneeflocken fielen,“ auf 1867 voraus zu verkündigen.

Darf es uns wundern, wenn wir in den Asteroiden der Erdregion die irdischen Elemente wieder finden? Die chemischen Analysen der Meteormassen haben ungefähr den dritten Theil unserer sogenannten Elemente, 8 Metalle (Eisen und die eisenartigen Nickel, Kobalt, Mangan, ferner Kupfer Zinn, Chrom und Arsenik), 5 Erdarten sammt Kali und Natron, ferner Schwefel, Phosphor und Kohle als Bestandtheile der kosmischen Ankömmlinge dargethan. Das Gasartige und leicht Verflüchtigbare, was die Sternschnuppen und Feuerkugeln enthalten mögen, geht natürlich bei dem Verbrennungsproceß in der Atmosphäre durch, den wir schon erwähnt haben. Sie zeigen indeß, wie Humboldt sagt, in der Art der Zusammensetzung jener Bestandtheile etwas Fremdartiges, unähnlich den irdischen Felsarten; namentlich soll ihnen das fast in allen eingesprengte, gediegene Eisen einen eigenthümlichen Charakter geben. Ueberhaupt spielt dieses auf Erden verbreitetste Metall eine so bedeutende Rolle in der Zusammensetzung der Meteormassen, daß man sie überhaupt in zwei Klassen, nickelhaltiges Meteoreisen und körnige Meteorsteine eintheilt. Eine kennzeichnende Eigenthümlichkeit ist auch die nicht sehr dicke, oft pechartig glänzende, bisweilen geäderte Rinde der Aerolithen. Endlich ist fast immer der eigenthümliche Charakter eines Fragments vorhanden, oft eine prismatoidische oder verschobene Pyramidalform mit breiten, etwas gebogenen Flächen und abgerundeten Ecken, und Humboldt fragt: woher aber diese Form eines abgesonderten Stücks in einem kreisenden planetarischen Körper?

Auch hier also in den uns am nächsten kommenden kosmischen Körpern, den Miniatur-Weltkörpern ohne Individualität, mit welchen wir die Naturgeschichte des Himmels schließen, treffen wir kaum weniger des Räthselhaften, als in jenen durch maßlose Räume unnahbar getrennten fernsten Nebelflecken, mit denen wir die Naturgeschichte des Himmels begonnen haben. Am wenigsten aber darf uns das Vorhandensein solcher „Proletarier des Sonnensystems“ befremden, wenn wir auf die Vorstellungen zurückblicken, welche wir im vorigen Abschnitt vom Ursprung des

Sonnensystems uns zu bilden genöthigt waren; und wir wiederholen es, daß das Vorhandensein solcher Asteroiden in nicht minder beträchtlicher Menge auch in anderen Regionen des Sonnensystems uns überaus wahrscheinlich ist. Ja, das ganze Sonnensystem mag voll von diesen Abfällen der Planetenbildung sein, diesen „Weltspähnen," und wenn sie sich zeitweise in einem „kosmischen Hagel" auf unsere Erde entladen, wie vielmehr mag dieß bei dem mächtigen Körper der Fall sein, auf den sich die Bewegung Aller bezieht? Denn da der Widerstand des Aethers ihre Entfernungen von der Sonne allmälig mehr und mehr verkürzen dürfte, so läßt sich für jeden Schwarm, in welcher Region er zur Zeit sich herumtreiben mag, eine Zeit denken, nach welcher er mit ungeheurer Geschwindigkeit zur Sonne niederstürzt, wenn er nicht vorher von einem Planeten aufgefangen worden ist. Man hat neuerdings hierauf eine kühne aber scharfsinnige Hypothese über die Erhaltung des Sonnenbrandes gegründet. Wenn sich nämlich die Asteroiden schon beim Zusammentreffen mit der Erde so beträchtlich erhitzen, daß sie selbstleuchtend werden, wie viel mehr mag dieß bei den ungleich größeren Geschwindigkeiten der Fall sein, mit denen sie zuletzt auf die Sonne stürzen müssen? Wie also, wenn seit Jahrtausenden durch einen fortwährenden Asteroidenhagel das Flammenmeer der Sonne so zu sagen unterhalten würde, und die Sonnenstrahlung erst dann ihrer Selbsterschöpfung entgegenginge, bis all die zerstreute Materie des Systems in den Schwerpunkt desselben sich zurückgezogen hätte? Freilich sind manche bedeutende Einwürfe gegen diese Vorstellung vorhanden, und wir bleiben bei unserem Nichtwissen von der Natur der Sonnenstrahlung, welches wir im vorigen Abschnitt ausgesprochen haben, aber es schien uns der Mühe werth, auf dieselbe aufmerksam zu machen, sowie auf die neue Schrift „Beiträge zur Dynamik des Himmels von Dr. Mayer, Heilbronn 1848", wo sie mit anderen scharfsinnigen Vermuthungen sich ausgesprochen findet, worunter eine auch ist, daß das Thierkreislicht aus Asteroiden bestehen möchte.

Verbesserungen.

Seite 16 Zeile 16 v. u. lies Kleinen statt Kleinern
„ 20 „ 12 v. u. „ zurückzubleiben st. zurückbleiben
„ 43 „ 17 v. o. „ 100000 st. 200000
„ 52 „ 5 v. o. „ 31 st. 30
„ 60 „ 10 v. u. „ nach innen st. noch immer
„ 63 „ 12 v. u. „ denjenigen st. derjenigen
„ 64 „ 14 v. u. „ nur st. um
„ 74 „ 13 v. u. „ $10\frac{1}{2}$ st. $11\frac{1}{2}$
„ 76 „ 10 v. u. u. ff. lies 24000, 576, 1600 st. 23000, 529, 1500
„ 81 „ 13 v. u. lies 41 st. 42
„ 83 „ 18 v. o. „ über 130 st. dritthalbhundert
„ 90 „ 10 v. o. „ deren Entfernungen st. welche
„ 122 „ 8 v. u. u. ff. lies 4, $5\frac{1}{3}$, 2, über 12 st. 8, 13, 3, etliche u. 30
„ 148 „ 8 v. o. lies 6 st. 12
„ 154 „ 5 v. o. „ Gleicherzone st. Gleichenzone
„ 155 „ 16 v. o. „ Systeme st. Systemen
„ 157 „ 10 v. u. „ Uranusbeobachtungen st. Vorausbeobachtungen
„ 165 „ 12 v. u. „ merkliches st. wirkliches.